实用数控机床维修技巧丛书

数控车床故障诊断与维修技巧

第2版

牛志斌　潘波　编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

实用数控机床维修技巧丛书

数控车床故障诊断与维修技巧

第2版

牛志斌　潘　波　编著

机 械 工 业 出 版 社

本书以数控车床的故障诊断与维修为主题，通过维修实例介绍了数控系统、伺服系统、可编程序控制器与机床侧故障、数控车床辅助装置故障的维修技巧和维修方法。另外，本书还介绍了西门子 840D 系统和 FANUC 0i-C 系统两种数控系统的结构和维修特点。

本书层次清晰、语言简练、图文并茂。列举的维修实例翔实可靠，便于读者快速理解和掌握。

本书可作为数控车床维修人员的参考书，同时对其他数控机床的维修人员也具有借鉴作用。

图书在版编目（CIP）数据

数控车床故障诊断与维修技巧/牛志斌，潘波编著. —2 版. —北京：机械工业出版社，2011.6
（实用数控机床维修技巧丛书）
ISBN 978-7-111-34773-6

Ⅰ.①数… Ⅱ.①牛…②潘… Ⅲ.①数控机床：车床—故障诊断②数控机床：车床—维修 Ⅳ.①TG519.102.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 093681 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：周国萍 责任编辑：周国萍 王春雨
版式设计：张世琴 责任校对：闫玥红
封面设计：陈 沛 责任印制：杨 曦
北京中兴印刷有限公司印刷
2011 年 7 月第 2 版第 1 次印刷
148mm×210mm · 9.5 印张 · 280 千字
0 001—4 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-34773-6
定价：30.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
策划编辑：(010) 88379733
封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

随着我国机械加工工业的飞速发展，数控机床的使用越来越广泛。特别是数控车床，作为数控机床的一种，得到了广泛的应用。数控车床采用了先进的数控技术和机电一体化技术，有较高的加工精度和加工效率，适合现代机械加工工业高精度、高效率的要求。但由于数控车床自动化程度高，结构复杂，所以故障率也较普通车床高，维修难度也较大，同时对数控车床维修人员的素质要求也越来越高，要求机床出现故障后，能尽快排除。针对目前广大数控车床维修人员缺乏维修经验和检修技巧的现状，编者根据自己十几年的维修经验，在本书中通过大量数控车床的故障维修实例，介绍了数控车床西门子 840D 系统和 FANUC 0i-C 系统的结构和维修特点、可编程序控制器（PLC）与机床侧故障的维修、数控车床参考点与返回参考点的故障维修、数控车床辅助装置的故障维修技巧和维修方法。

在本次修订中，将第 1 版中的部分西门子 810T/M 和 FANUC 0 系统替换为近些年比较流行的西门子 840D 系统和 FANUC 0i-C 系统，并介绍了使用 GHOST 软件备份 840D（PCU50.3）系统硬盘的方法。在本次修订中突出维修技巧的介绍和总结，力争做到深入浅出，图文并茂，语言简练，便于现场维修人员理解和掌握。

本书虽然以数控车床的维修为主题，但对其他类型的数控机床维修也具有借鉴作用。希望本书能够起到抛砖引玉的作用，促进数控机床维修水平的提高。

限于编著者的水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者不吝赐教，以求共同提高。

编著者

第 1 版前言

随着我国机械加工工业的快速发展，数控机床的使用越来越广泛。特别是数控车床，作为数控机床的一种，得到了广泛的应用。数控车床采用了先进的数控技术，有较高的加工精度和加工效率，适合现代机械加工工业高精度、高效率的要求。但由于数控车床结构复杂，故障率较普通车床要高，维修难度也较大，同时对数控机床维修人员的素质要求也越来越高，要求出现故障后，能尽快排除。针对目前广大维修人员缺乏维修实践经验的现状，本书根据编者十几年的维修经验，以数控车床的故障诊断与维修为主题，通过维修实例介绍了数控系统的结构和维修特点（西门子 810 系统和 FANUC 0 系统）、伺服系统的故障维修、可编程序控制器与机床侧故障的维修、数控车床的机床参考点与返回参考点的故障维修、数控车床辅助装置的故障维修技巧和维修方法。本书在编写上力争做到语言简练、浅显易懂、图文并茂，便于现场维修人员理解和掌握。希望通过本书的学习，提高读者的数控机床维修水平。

本书虽以数控车床的维修为主题，但对其他类型的数控机床的维修也具有借鉴作用。

由于编著者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请批评指正。

编著者

目　　录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章　概论 …… 1

1.1　数控机床的产生和发展 …… 1

1.2　数控机床的构成 …… 2

1.2.1　数控机床的组成 …… 2

1.2.2　数控机床的工作过程 …… 3

1.3　数控机床的种类 …… 3

1.3.1　按数控机床运动的控制轨迹分类 …… 3

1.3.2　按位置控制方式分类 …… 5

1.3.3　按工艺用途分类 …… 6

1.4　数控车床与分类 …… 7

1.4.1　数控车床 …… 7

1.4.2　数控车床的分类 …… 7

第 2 章　数控机床的故障维修与维护 …… 10

2.1　数控机床的可靠性 …… 10

2.1.1　数控机床可靠性的基本知识 …… 10

2.1.2　数控机床可靠性指标 …… 10

2.2　数控机床维修的基本要求 …… 11

2.2.1　对维修人员的要求 …… 11

2.2.2　对资料的要求 …… 12

2.2.3　对仪器、仪表的要求 …… 13

2.2.4　对维修工具的要求 …… 15

2.2.5　对备件的要求 …… 15

2.3　数控机床故障维修原则 …… 16

2.4　提高维修数控机床技术水平的方法 …… 17
2.5　数控机床的维护 …… 23

第3章　典型数控系统介绍与系统故障的维修 …… 27
3.1　西门子840D系统 …… 27
3.1.1　西门子840D系统的软件结构 …… 27
3.1.2　西门子840D系统的硬件构成 …… 27
3.1.3　西门子840D系统的集成式可编程序控制器（PLC） …… 30
3.1.4　西门子840D系统的机床数据 …… 31
3.1.5　西门子840D系统NC总清（初始化）操作 …… 32
3.1.6　西门子840D系统PLC总清（初始化）操作 …… 33
3.1.7　西门子840D系统的系列备份与恢复 …… 34
3.1.8　西门子840D系统PCU50.3硬盘整盘备份方法 …… 38
3.1.9　西门子840D系统的故障报警与维修 …… 48
3.2　FANUC 0i-C系统 …… 50
3.2.1　FANUC 0i-C系统的基本构成 …… 50
3.2.2　FANUC 0i-C系统数据备份 …… 58
3.2.3　FANUC 0i-C系统的故障报警 …… 64
3.2.4　FANUC 0i-C系统的诊断数据 …… 66
3.3　数控系统断电死机故障的维修 …… 77
3.3.1　数控系统断电死机的故障原因 …… 77
3.3.2　故障维修实例 …… 78
3.4　数控系统数据丢失的故障处理 …… 87
3.4.1　西门子810T系统数据丢失的处理 …… 87
3.4.2　FANUC 0TC系统数据丢失的处理 …… 98
3.5　数控系统的故障报警信息显示功能 …… 102
3.5.1　西门子810T/M系统报警显示功能 …… 102
3.5.2　FANUC 0TC系统的报警显示 …… 104
3.5.3　利用数控系统报警信息维修机床故障 …… 104

第4章　数控机床加工程序 …… 109
4.1　概述 …… 109
4.2　西门子810T/M系统编程指令代码 …… 110

4.2.1 准备功能指令 …… 110
4.2.2 辅助功能 M 代码 …… 112
4.2.3 主轴功能 S …… 113
4.2.4 刀具功能 T …… 113
4.3 数控车床 M、T 功能的实现 …… 113
4.3.1 西门子 810T/M 系统 M 功能的实现 …… 113
4.3.2 西门子 810T/M 系统 T 功能的实现 …… 115
4.3.3 西门子 840D 系统 M 功能的实现 …… 116
4.3.4 FANUC 0C 系统 M 功能的实现 …… 116
4.4 数控车床加工程序不执行的故障处理 …… 117

第 5 章 可编程序控制器与机床侧故障的维修 …… 124
5.1 可编程序控制器 …… 124
5.1.1 可编程序控制器的概念 …… 124
5.1.2 可编程序控制器的基本功能 …… 125
5.1.3 可编程序控制器的组成 …… 127
5.1.4 可编程序控制器的软件系统 …… 128
5.1.5 可编程序控制器的工作过程 …… 129
5.2 可编程序控制器与数控系统的关系 …… 130
5.2.1 数控机床用可编程序控制器 …… 130
5.2.2 数控机床 PLC 的功能 …… 133
5.2.3 数控机床可编程序控制器与其他装置需要交换的信息 …… 134
5.3 西门子可编程序控制器 …… 135
5.3.1 西门子可编程序控制器简介 …… 135
5.3.2 西门子 810T/M 系统可编程序控制器 …… 135
5.4 西门子可编程序控制器 STEP5 语言 …… 137
5.4.1 STEP5 语言的三种表达形式 …… 137
5.4.2 STEP5 语言的程序构成 …… 138
5.4.3 西门子 810T/M 系统 PLC 的程序结构 …… 139
5.4.4 STEP5 语句 …… 140
5.4.5 梯形图符号 …… 141
5.4.6 STEP5 语言的基本操作 …… 141
5.5 发那科 PMC—L 语言 …… 158

5.5.1 基本指令组 …… 159
5.5.2 功能指令组 …… 165
5.6 机床侧故障报警机理 …… 174
5.6.1 概述 …… 174
5.6.2 西门子 810T/M 系统机床侧报警产生机理 …… 174
5.6.3 FANUC 0TC 机床侧报警原理 …… 177
5.7 数控系统的 PLC 状态显示功能 …… 180
5.7.1 概述 …… 180
5.7.2 西门子 810T/M 系统的 PLC 状态显示功能 …… 180
5.7.3 FANUC 0C 系统 PMC 状态显示功能 …… 184
5.7.4 利用数控系统 PLC 状态显示信息诊断机床故障 …… 184
5.8 数控车床机床侧故障维修 …… 190
5.8.1 数控车床机床侧故障的概念与诊断方法 …… 190
5.8.2 数控车床机床侧故障诊断维修实例 …… 190

第 6 章 数控车床伺服系统的故障维修 …… 201
6.1 概述 …… 201
6.2 伺服控制系统的故障维修 …… 203
6.2.1 伺服控制系统故障的维修方法与技巧 …… 203
6.2.2 故障维修实例 …… 203
6.3 伺服电动机故障的维修 …… 210
6.3.1 概述 …… 210
6.3.2 伺服电动机问题引起机床故障的维修实例 …… 212
6.4 位置反馈系统的故障维修 …… 214
6.4.1 位置反馈系统的故障维修方法与技巧 …… 214
6.4.2 故障维修实例 …… 214
6.5 伺服系统其他故障的维修 …… 218

第 7 章 数控车床的机床参考点与返回参考点的故障维修 …… 228
7.1 数控机床参考点的概念 …… 228
7.1.1 机床参考点 …… 228
7.1.2 为什么要返回参考点 …… 228
7.2 数控车床返回参考点的方式 …… 228

7.2.1 不自动识别返回参考点方向 …… 228
7.2.2 自动识别返回参考点的方向 …… 230
7.3 诊断返回参考点故障的方法与技巧 …… 232
7.4 返回参考点故障的维修实例 …… 233
7.4.1 零点开关的故障 …… 233
7.4.2 位置反馈元件的问题 …… 236
7.4.3 其他引起返回参考点不正常的故障 …… 237

第8章 数控车床主轴系统与刀塔系统的故障维修 …… 240
8.1 数控车床主轴系统的故障维修 …… 240
8.1.1 概述 …… 240
8.1.2 主轴控制系统的故障 …… 240
8.1.3 伺服主轴电动机 …… 242
8.1.4 转速检测元件的故障 …… 245
8.1.5 其他原因引起主轴系统的故障 …… 246
8.2 数控车床刀塔系统的维修 …… 250
8.2.1 概述 …… 250
8.2.2 故障维修实例 …… 252

附录 FANUC 0TC系统报警清单 …… 261
附录A 系统单元的故障报警 …… 261
附录B 编码器报警 …… 263
附录C 伺服系统报警 …… 264
附录D 超程故障报警 …… 268
附录E PMC故障报警 …… 271
附录F 后台编辑报警 …… 272
附录G 宏程序报警 …… 272
附录H 程序错误报警 …… 272

参考文献 …… 294

第 1 章　概　　论

1.1　数控机床的产生和发展

随着社会生产和科学技术的迅猛发展，对机械产品的精度和机床的加工效率提出了越来越高的要求。特别是汽车、造船、航空、航天、军事等领域所需要的机械零件和模具的精度要求高、形状复杂。采用传统的普通机床已难于适应高精度、高效率、多样化、形状复杂的加工要求。为了解决上述这些问题，一种新型机床——数控机床应运而生。这种新型机床具有加工精度高、适应能力强、加工质量稳定和生产效率高等优点。它综合应用了计算机技术、自动控制技术、伺服驱动技术、液压气动技术、精密测量技术和新型机械结构等多方面技术的成果。

世界上第一台数控机床是 1952 年制造出来的。1947 年，美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检验用样板的机床时，首先提出了应用计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来受美国空军的委托，帕森斯公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作，1952 年成功地研制出世界上第一台数控机床——三坐标数控镗铣床。当时所用的电子器件是电子管。

1958 年，美国一家公司研制出带刀架和自动换刀装置的加工中心。此时已开始采用晶体管元件和印制电路板。同年我国开始研制数控机床。

1965 年以后，数控装置开始采用小规模集成电路，使数控装置的体积减小、可靠性提高，但仍然是一种硬件逻辑数控系统，即 NC（Numerical Control）系统。

1966 年，日本的发那科公司研制出全集成电路化的数控装置。

1970 年，在美国芝加哥国际机床展览会上，首次展示了用小型电子计算机控制的数控机床，这是世界上第一台电子计算机控制的数

控机床，即 CNC（Computer Numerical Control，简称 CNC）机床。

1974 年以后，随着控制电路集成技术的发展，微处理器直接用于数控装置，从而使数控技术和数控机床得到了普及和发展。特别是近年来大规模集成电路、超大规模集成电路和计算机技术的发展，使数控装置的性能和可靠性得到极大提高。

1.2 数控机床的构成

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是采用了数控技术的机床或者说装备了数控系统的机床。

数控技术是用数字化信号对机床运动及加工过程进行控制的自动控制技术。

数控机床是机电一体化的产品，是集计算机、自动控制、电动机及拖动、精密测量、液压气动、新型机械机构为一体的自动化机床。现代数控系统都是计算机控制系统。

数控机床一般由数控装置、包括伺服电动机及位置反馈的伺服系统、主传动系统、强电控制部分、机床本体及辅助装置组成。图 1-1 是数控机床的构成框图。

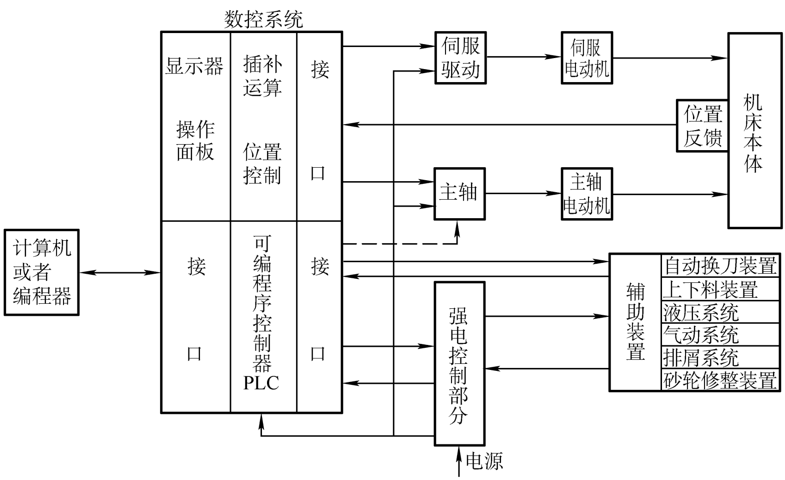


图 1-1 数控机床的基本构成示意图

数控机床的辅助装置主要包括工装卡具、换刀装置、回转工作台、液压控制系统、润滑系统、气动系统、切削液系统、排屑装置和分度装置等。数控车床关键的辅助装置是刀塔装置和切削液装置。数控机床根据加工功能与类型不同，所包含的辅助装置也不同。

1.2.2 数控机床的工作过程

数控机床是如何工作的呢？一言以蔽之就是用数字信息控制机床的运动。数控机床的所有运动包括主运动、进给运动及各种辅助运动，都是通过输入数控装置的数字信号来控制的。

具体而言，数控机床的工作过程，即工件的加工过程，如图 1-2 所示。其主要步骤是：

1）根据被加工工件图中规定的尺寸、形状、材料以及加工工艺要求，制定工件的加工工艺过程，刀具加工工件时的运动轨迹、切削参数以及辅助动作顺序等，进行工件加工程序的设计。

2）用规定的指令代码和程序格式编写加工程序清单。

3）通过数控系统的键盘将加工程序输入到数控装置中，或者在计算机上编辑加工程序，通过通信口输入到数控装置中。

4）在数控机床上启动机床加工程序，数控装置根据已经输入的加工程序进行一系列的运算和控制，将运算结果输出到机床的伺服系统中。

5）由伺服系统驱动机床的运动机构，使机床按照程序预定的轨迹运动，从而加工出合格的工件。

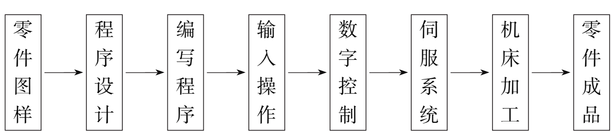


图 1-2　工件加工过程

1.3 数控机床的种类

现在数控机床的种类繁多，分类方法也不相同。根据数控机床的功能、结构，通常可按下面的方法进行分类。

1.3.1 按数控机床运动的控制轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是只控制移动部件从一个位置运动到另

一位置的准确定位，而它们运动过程的轨迹没有严格要求，在移动和定位过程中不进行任何加工。因此，为了尽可能地减少移动部件的运动时间和定位时间，两相关点之间的移动先是以快速移动到接近目标位置，然后进行连续减速，使之慢速接近定位点，以保证定位精度。如图 1-3 所示，在 A 处铣孔后，不要求路径，可以走任意轨迹，无论直线、折线还是曲线，只要达到 B 点准确定位，然后在 B 点铣孔。

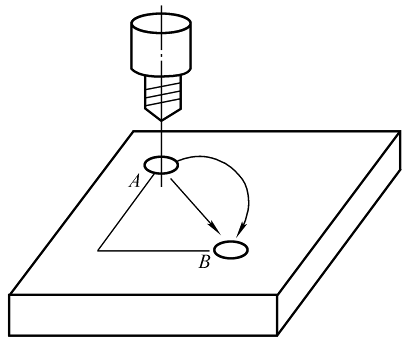


图 1-3　点位控制示意图

这类机床主要有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机、数控折弯机等，其相应的数控装置称为点位控制装置。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床也称为平行控制数控机床，其特点是除了控制点与点之间的准确定位外，还要控制两相关点之间的移动速度和路径（即轨迹），但其路径只是与机床坐标轴平行的直线，也就是说同时控制的坐标轴只有一个（即数控装置可以不具备插补运算功能），在移动的过程中刀具能以指定的进给速度进行切削，一般只能加工矩形、台阶形工件。如图 1-4 所示，滑台沿 Z 轴带动工件到达磨削位置，然后滑台沿 X 轴带动砂轮快速接近工件，接近工件后，开始磨削工件的外圆，两个轴不同时运动。

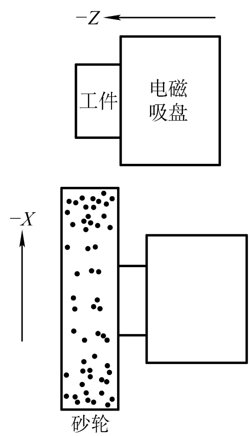


图 1-4　直线控制示意图

这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控镗铣床、数控磨床等，其相应的数控装置称为直线控制数控装置。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓数控机床也称为连续控制数控机床，其特点是能同时控制两个或两个

以上的坐标轴进行联动，也就是对坐标轴进行插补控制。现在大多数数控机床都具有轮廓控制功能。它不仅控制坐标轴的终点位置，还要控制加工过程中每一点的位置和速度，加工出任意形状的曲线或曲面。因此在这类控制方式中，要求数控装置具有插补运算的功能，即根据加工程序编制的轨迹（如直线的终点坐标、圆弧的终点坐标和圆心坐标或半径），通过数控系统内的插补运算器的数学运算，把直线或曲线的形状描述出来，并一边运算，一边根据计算结果向各坐标轴伺服运动控制器分配脉冲，从而控制各坐标轴的联动位移量与所要求的轮廓相符。在运动过程中刀具对工件表面进行连续切削，可以进行各种斜线、圆弧、曲线的加工。图 1-5 是轮廓控制的示意图。

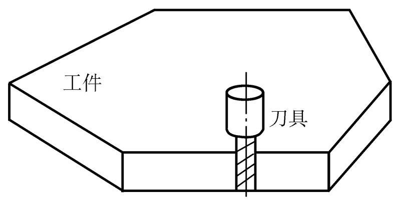


图 1-5　轮廓控制示意图

这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控线切割机、加工中心等。现代的数控车床基本都采用这种工作方式。其相应的数控装置称为轮廓数控装置，现在绝大多数数控装置都具有轮廓控制功能。

数控车床采用的数控系统一般都是轮廓控制的数控系统。

1.3.2　按位置控制方式分类

1. 开环位置控制系统

这类机床的位置控制系统是开环的，即没有位置检测反馈。通常进给驱动电动机采用步进电动机，该类电动机的主要特征是控制电路通过发出的脉冲数，控制步进电动机旋转的角度来控制进给量。由于没有位置反馈，进给传动链的误差不能进行校正补偿，所以控制精度较低。但开环系统结构简单、运行平稳、成本低、使用维修方便，可应用在精度要求不高的经济型数控机床上。20 世纪 90 年代初南京微分电机厂生产的简易数控系统就是这类系统的典型代表，当时沈阳第三机床厂生产了大量采用这种系统的简易数控车床，但现在基本都已被淘汰。

2. 半闭环位置控制系统

半闭环位置控制系统是指位置反馈元件（如旋转编码器）安装在

伺服电动机轴上，或者安装在滚珠丝杠轴端上，通过测量滚珠丝杠的旋转角度间接测量坐标轴的直线位移，然后反馈至数控装置，由数控装置与指令值比较，用比较后的差值进行控制，使坐标轴继续运动，直到差值消除为止。这种间接得到位置反馈的控制系统称之为半闭环位置控制系统。由于半闭环位置控制系统没有将坐标轴的传动丝杠螺母机构包括在位置闭环之内，所以传动丝杠螺母机构的误差仍然影响坐标轴的位移精度。

半闭环位置控制系统调试方便、稳定性好，目前应用比较广泛，大部分数控机床采用的是半闭环位置控制系统。现代的数控车床无论国内的还是国外的，基本上都是采用这种控制系统。

3. 全闭环位置控制系统

全闭环位置控制系统是在机床移动机构（如坐标轴滑台）上直接装有直线位置检测装置（如直线光栅尺），将检测到的坐标轴实际位置反馈给数控装置，数控装置将反馈信号与指令信号相比较，用比较后的差值进行控制，使坐标轴继续运动，直到差值消除为止。这种直接得到位置反馈的控制系统称之为全闭环位置控制系统。

由于全闭环位置控制系统的位置检测包含了进给传动链的全部误差，如滚珠丝杠螺母副、导轨副的间隙等，因而可达到很高的精度；但是由于位置检测反馈过程中包括的不稳定因素较多，因此调试起来比较困难，若各种参数匹配不得当，容易引起系统振荡，造成机床工作不稳定。

由于数控磨床的精度要求较高，所以一些高精度的数控磨床采用的是全闭环位置控制系统。

1.3.3　按工艺用途分类

1. 金属切削类数控机床

这类机床包括数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床、数控钻床以及加工中心等。

2. 金属成形类数控机床

这类机床包括数控冲床、数控剪板机、数控折弯机和数控压力机等。

3. 数控特种加工机床

这类机床包括数控线切割机床、数控淬火机床、数控电火花加工机床、数控激光加工机床等。

4. 其他类型数控机床

这类机床包括三坐标测量机、数控对刀仪、数控绘图仪等。

1.4 数控车床与分类

1.4.1 数控车床

使用数控系统控制的车床称为数控车床。采用了数控技术的车床，其性能和加工精度得到了极大提高。数控车床是数控机床中的一种，是最常见的一类数控机床。它主要用于轴类和盘类回转体工件的加工，能自动完成内外圆柱面、锥面、圆弧、螺纹等工序的切削加工，并能进行切槽、钻、扩、铰孔等工作，特别适合复杂形状工件的加工。

在数控车床上由程序确定主轴转速是非常必要的，所以现代数控机床都可以实现程序控制的主轴无级调速。一般数控车床都有刀具补偿功能，由程序选定刀具并控制刀塔旋转。

数控车床的机床本体包括主轴、滑台、刀塔、尾座等，数控系统包括显示器、控制装置、控制面板、强电控制系统等。

1.4.2 数控车床的分类

随着数控车床制造技术的不断发展，形成了种类繁多、规格不一的局面，因而也出现了几种不同的分类方法。

1. 按数控系统的功能分类

按数控系统的功能数控车床可分为简易数控车床、经济型数控车床、多功能数控车床和车削中心等，它们在功能上差别较大。

1）简易数控车床是一种低档数控车床，一般用单板机或单片机进行控制。机械部分由传统车床略作改进而成，主电动机一般不作改动，进给采用步进电动机，开环控制。单板机和单片机功能简单，抗干扰能力差，在20世纪80年代末、90年代初曾经大量使用，现在已很少使用。

2）经济型数控车床是中档数控车床，一般具有单色的显示器、

程序储存和编辑功能。一般是开环或者半闭环控制。

3）多功能数控车床是指较高档次的数控车床，主轴采用无级调速的直流或交流主轴控制系统来驱动，进给采用伺服电动机，半闭环或者全闭环控制。功能较强，系统稳定性好。

4）车削中心是以多功能数控车床为主体，配有刀库和机械手，与数控车床单机相比，自动选择和使用的刀具数量大大增加。卧式车削中心还具备如下两种功能：一是动力刀具功能，即刀架上某一刀位或所有刀位可使用回转刀具，如铣刀和钻头；另一种是 C 轴位置控制功能，该功能能够达到很高的角度定位分辨率（一般为 $0.001°$），还能使主轴和卡盘按进给脉冲作任意低速的回转，这样车床就具备 X、Z 和 C 三坐标，可实现三坐标两联动控制。例如圆柱铣刀轴向安装，X—C 坐标联动就可以铣削零件端面；圆柱铣刀径向安装，Z—C 坐标联动就可以在工件外径上铣削。可见，车削中心能铣削凸轮槽和螺旋槽。近年出现的双主轴车削中心，在一个主轴加工结束后，无需停机，零件被转移至另一主轴加工另一端，加工完毕后，工件除了去毛刺以外，不需要其他的补充加工。

5）FMC 车床。它实际上是由数控车床、机器人等构成的柔性加工单元。它能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化。

2. 按加工工件的基本类型分类

1）卡盘式数控车床。这类机床未设置尾座，适合车削盘类零件。其卡紧方式多为电动或液压控制。

2）顶尖式数控车床。这类车床设置有普通尾座或数控尾座，适合车削较长的轴类工件及直径不太大的盘、套类工件。

3. 按主轴的配置方式分类

1）卧式数控车床。其主轴轴线处于水平位置，它又可分为水平导轨卧式数控机床和倾斜导轨卧式数控车床（其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性，并易排屑）。

2）立式数控车床。其主轴轴线处于垂直位置，并有一个直径很大的圆形工作台，供装卡工件用。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸较小的大型复杂零件。

4. 其他分类

按数控系统的不同控制方式，数控车床可分为直线控制数控车床、轮廓控制数控车床等；按特殊或专门的工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等；按刀塔数量可分为单刀塔数控车床和双刀塔数控车床。

第 2 章　数控机床的故障维修与维护

2.1　数控机床的可靠性

2.1.1　数控机床可靠性的基本知识

数控机床的可靠性是指在规定的条件下（如环境温度、湿度、使用条件及使用方法等在正常情况下），数控机床维持无故障的工作能力。对数控机床的可靠性进行研究表明，数控机床的可靠性符合图 2-1 所示的故障率浴盆曲线。

从图 2-1 所示曲线上可以看出，数控机床的故障率在失效期和老化期比较高，而在稳定期可靠性比较高。失效期一般在设备投入使用的前 14 个月左右，因此数控机床的保修期一般都定为一年，在保修期内故障率显然较高，但机床厂家给予免费维修，所以数控机床的使用者在保修期内应该尽量使设备满负荷工作；而过了保修期后，数控机床基本进入稳定期，稳定期一般在 6～8 年左右，机床可以可靠地工作。待到老化期时，应该考虑是否改造数控系统、对机床进行大修或者更新机床，否则机床的有效使用率将会大大降低。

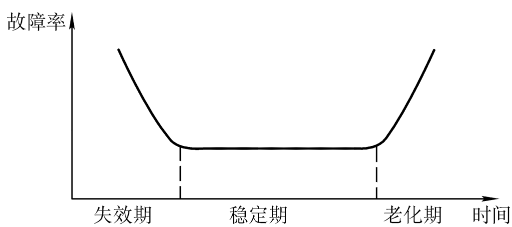


图 2-1　数控机床故障率随时间变化的曲线

2.1.2　数控机床可靠性指标

1. 平均无故障时间（Mean Time Between Failure，简称 MTBF）

数控机床的平均无故障时间是指数控机床在两次故障之间能正常

工作的时间的平均值，也就是数控机床在寿命范围内总工作时间与总故障次数之比，即

$$\text{MTBF} = \frac{\text{总工作时间}}{\text{总故障次数}}$$

这个时间越长越好，因而必须减少故障次数。

2. 平均修复时间（Mean Time To Restore，简称 MTTR）

数控机床的平均修复时间是指数控机床在寿命范围内，每次从出现故障开始维修，直至能正常工作所用的平均时间，也就是数控机床在寿命范围内，总的故障时间与总的故障次数之比，即

$$\text{MTTR} = \frac{\text{总故障时间}}{\text{总故障次数}}$$

显然这个时间越短越好。为减少这个时间，除必要的物资条件外，维修人员的水平在这里起主导作用，因此提高维修人员的水平是非常重要的。

3. 有效度（Availability，简称 A）

有效度是考核数控机床可靠性和可维修性的指标，是对数控机床的正常工作概率进行综合评价的尺度。是指一台可维修的数控机床在一段时间内维持其性能的概率。有效度定义为平均无故障时间与平均无故障时间和平均修复时间之和的比，即

$$\text{A} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

有效度 A 是一个小于 1 的数，越接近 1 越好，这就要求 MTTR 要尽可能地小，MTBF 要尽可能地大。

2.2 数控机床维修的基本要求

2.2.1 对维修人员的要求

数控机床采用了先进的控制技术，是机、电、液、气相结合的产物，技术比较复杂，涉及的知识面也比较广，因此要求维修人员要有一定的素质。具体要求如下：

1）要具有一定的理论基础。电气维修人员除了需要掌握必要的计算机技术、自控技术、PLC 技术、电动机拖动原理外，还要掌握一些液压技术、气动技术、机械原理、机械加工工艺等，另外还要熟

悉数控机床的编程语言并能熟练使用计算机。机械维修人员除了掌握机械原理、机械加工工艺、液压技术、气动技术外，还要熟悉 PLC 技术，能够看懂 PLC 梯形图，也要了解数控机床的编程。所以作为数控机床的维修人员要不断学习，刻苦钻研，扩展知识面，提高理论水平。

2）要具有一定的英文基础，以便阅读原文技术资料。因为进口数控机床的操作面板、屏幕显示、报警信息、图样、技术手册等大多都是英文的，而许多国产的数控机床也采用进口数控系统，屏幕显示、报警信息也都是英文的，系统手册很多也都是英文的，所以具有良好的科技英语阅读能力，也是维修数控机床的基本条件之一。

3）要具有较强的逻辑分析能力，要细心，善于观察，并善于总结经验，这是快速发现问题的基本条件。因为数控机床的故障千奇百怪、各不相同，只有细心观察、认真分析，才能找到问题的根本原因，而且还要不断总结经验，做好故障档案记录，这样技术水平才会不断提高。

4）要具有较强的解决问题的能力，思路要开阔。应该了解数控机床及数控系统的操作，熟悉机床和数控系统的功能，能够充分利用数控系统的资源。当数控机床出现故障时，能够使用数控系统查看报警信息，检查、修改机床数据和参数，调用系统诊断功能，对 PLC 的输入、输出、标志位等信息进行检查等；还要善于解决问题，发现问题后，要尽快排除，提高解决问题的效率。

2.2.2 对资料的要求

为了使用好、维护好、维修好数控机床，必须有足够的资料。具体资料要求如下：

1）全套的电气图样、机械图样、气动液压图样及工装卡具图样。

2）尽可能全的说明书，包括机床说明书、数控系统操作说明书、编程说明书、维修说明书、机床数据、参数说明书、伺服系统说明书、PLC 系统说明书等。

3）应用 PLC 用户程序清单，最好为梯形图方式，以及 PLC 输入输出的定义表及索引，定时器、计数器、保持继电器的定义及索引。

4）应要求机床制造厂家提供机床的使用、维护、维修手册。

5）应要求机床制造厂家提供易损件清单，电子类和气动、液压备件需提供型号、品牌。机械类外购备件应提供型号、生产厂家及图样，自制件应有零件图及组装图。

6）应有数据备份，包括机床数据、设定数据、PLC 程序、报警文本、加工主程序及子程序、R 参数、刀具补偿参数、零点补偿参数等。这些备份不但要求文字备份，还要要求电子备份，以便在机床数据丢失时，用编程器或计算机尽快装入数控系统。

2.2.3 对仪器、仪表的要求

维修数控机床需要一些仪器、仪表。下面介绍一些常用仪器。

1. 万用表

数控机床的维修涉及弱电和强电领域，最好配备指针式万用表和数字式万用表各一块。指针式万用表除了用于测量强电回路之外，还用于判断二极管、晶体管、晶闸管、电容器等元器件的好坏，测量集成电路引脚的静态电阻值等。指针式万用表的最大好处是反应直观，可以很方便地用于监视电压和电流的瞬间变化及电容的充放电过程。数字式万用表可以准确测量电压、电流、电阻值，还可以测量晶体管的放大倍数和电容值；它的短路测量蜂鸣器可方便测量电路通断；也可以利用其精确的显示测量电动机三相绕组阻值的差异，从而判断电动机的好坏。

2. 示波器

数控系统修理通常使用频带为 10～100MHz 范围内的双通道示波器，它不仅可以测量电平、脉冲上下沿、脉宽、周期、频率等参数，还可以进行两信号的相位和电平幅度的比较，常用来观察主开关电源的振荡波形，直流电源的波动，测速发电机输出的波形，伺服系统的超调、振荡波形，编码器和光栅尺的脉冲等。

3. PLC 编程器

很多数控系统的 PLC 必须使用专用的机外编程器才能对其进行编程、调试、监控和动态状态监视，如西门子 810T/M 系统可以使用 PG685、PG710、PG750 等专用编程器，也可以使用西门子专用编程软件利用通用计算机作为编程器。使用编程器可以对 PLC 程序进

行编辑和修改，可以跟踪梯形图的变化，以及在线监视定时器、计数器的数值变化，在运行状态下修改定时器和计数器的设置值，可强制内部输出，对定时器和计数器进行置位和复位等。西门子的编程器都可以显示 PLC 梯形图。

4. 逻辑测试笔和脉冲信号笔

逻辑测试笔可测量电路是处于高电平还是低电平，或是不高不低的浮空电平，判断脉冲的极性是正脉冲还是负脉冲，输出的脉冲是连续还是单个脉冲，还可以大概估计脉冲的占空比和频率范围。

脉冲信号笔可发出单脉冲和连续脉冲，可以发出正脉冲和负脉冲，它和逻辑测试笔配合起来使用，就能对电路的输入和输出的逻辑关系进行测试。

5. 集成电路测试仪

这类测试仪可以离线快速测试集成电路的好坏。在数控系统进行片级维修时，是必要的仪器。

6. 集成电路在线测试仪

这是一种使用计算机技术的新型集成电路在线测试仪器。它的主要特点是能够对焊接在电路板上的集成电路进行功能、状态和外特性测试，确认其功能是否失效。它所针对的是每个器件的型号及该型号器件应具备的全部逻辑功能，而不管这个器件应用在何种电路中，因此它可以检查各种电路板，而且无需图样资料或了解其工作原理，为缺乏图样而使维修工作无从下手的数控机床维修人员提供一种有效的手段，目前在国内应用日益广泛。

7. 短路跟踪仪

短路是电气维修中经常遇到的问题，使用万用表寻找短路点往往费时费力。如果遇到电路中某个元器件击穿，由于在两条连线之间可能并接有多个元器件，用万用表测量出哪一个元器件短路是比较困难的。再如对于变压器绕组局部轻微短路的故障，一般万用表也是无能为力的，而采用短路故障跟踪仪可以快速找出电路中任何短路点。

8. 逻辑分析仪

它是专门用于测量和显示多路数字信号的测试仪器。它与测量连续波形的通用示波器不同，逻辑分析仪显示各被测试点的逻辑电平、

二进制编码或存储器的内容。

维修时，逻辑分析仪可检查数字电路的逻辑关系是否正常，时序电路的各点信号的时序关系是否正确，信号传输中是否有竞争、毛刺和干扰。通过测试软件的支持，对电路板输入的给定数据进行监测，同时跟踪测试它的输出信息，显示和记录瞬间产生的错误信号，找到故障所在。

2.2.4　对维修工具的要求

维修数控机床除了需要一些常用的仪表、仪器外，一些维修工具也是必不可少的，主要有如下几种：

1. 螺钉旋具

常用的是大、中、小一字口和十字口的螺钉旋具各一套，特别是维修进口机床需要一个刚性好、窄口的一字螺钉旋具。拆装西门子的一些模块时，需要一套外六角形的专用螺钉旋具。

2. 钳类工具

常用的有平口钳、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳等。

3. 电烙铁

常用25～30W的内热式电烙铁。为了防止电烙铁漏电将集成电路击穿，电烙铁要良好地接地，最好在焊接时拔掉电源。

4. 吸锡器

将集成电路从印制电路板上焊下时，常使用吸锡器。另外，现在还有一种热风吹锡器比较好用，高温风将焊锡吹化并且吹走，很容易将焊点脱开。

5. 扳手

大小活扳手、内六角扳手一套。

6. 其他

镊子、刷子、剪刀、带鳄鱼夹子的连线等。

2.2.5　对备件的要求

为了提高数控机床的故障维修速度，备件是必不可少的。一方面，发现问题后如果没有备件，就无法恢复机床的正常使用；另一方面，在诊断故障时，如果有足够的备件也可以采用备件替换法尽快确诊故障。所以为保障数控机床的正常运行，存储一定量的备件是十分

必要的。

2.3　数控机床故障维修原则

数控机床的故障复杂，诊断排除起来都比较难。在数控机床故障检测排除时，应遵循如下原则：

1. 先外部后内部

数控机床是机械、液压、电气一体化的机床，故其故障的发生必然要从机械、液压、电气这三者综合反映出来。数控机床的故障维修要求维修人员掌握先外部后内部的原则，即当数控机床发生故障后，维修人员应先采用望、闻、听、问、摸等方法，由外向内逐一进行检查。比如：数控机床中，外部的行程开关、按钮开关、液压气动元件以及印制电路板插头座、边缘接插件与外部或相互之间的连接部位、电控柜插座或端子排这些机电设备之间的连接部位，因其接触不良造成信号传递失灵，是产生数控机床故障的重要因素。此外，由于工业环境中，温度、湿度变化较大，油污或粉尘对元件及电路板的污染，机械的振动等，对于信号传送通道的接插件都将产生严重影响。在检修中随意的启封、拆卸，不适当的大拆大卸，往往会扩大故障，使机床大伤元气，丧失精度，降低性能。

2. 先机械后电气

由于数控机床是一种自动化程度高、技术复杂的先进机械加工设备。一般来讲，机械故障较易察觉，而数控系统故障的诊断则难度要大些。先机械后电气就是在数控机床的检修中，首先检查机械部分是否正常，行程开关是否灵活，气动、液压部分是否正常等。从经验来看，数控机床的故障中有很大部分是机械动作失灵引起的。所以在故障检修之前，首先注意排除机械性的故障，往往可以达到事半功倍的效果。

3. 先静后动

维修人员本身要做到先静后动，不可盲目动手，应先询问机床操作人员故障发生的过程及状态，阅读机床说明书、图样资料后，方可动手查找和处理故障。其次，对有故障的机床也要本着先静后动的原则，先在机床断电的静止状态，通过观察测试、分析、确认为非恶性

循环性故障，或非破坏性故障后，方可给机床通电，在运行工况下，进行动态的观察、检验和测试，查找故障。然而对恶性的破坏性故障，必须先排除危险后，方可通电，在运行工况下进行动态诊断。

4. 先公用后专用

公用性的问题往往影响全局，而专用性的问题只影响局部。如机床的几个进给轴都不能运动，这时应先检查和排除各轴公用的 CNC、PLC、电源、液压等公用部分的故障，然后再设法排除某轴的局部问题。又如电网或主电源故障是全局性的，因此一般应首先检查电源部分，看看熔丝是否正常、直流电压输出是否正常。总之，只有先解决影响全局的主要矛盾，局部的、次要的矛盾才有可能迎刃而解。

5. 先简单后复杂

当出现多种故障互相交织掩盖、一时无从下手时，应先解决容易的问题，后解决难度较大的问题。常常在解决简单故障的过程中，难度大的问题也可能变得容易，或者在排除简易故障时受到启发，对复杂故障的认识更为清晰，从而也有了解决办法。

6. 先一般后特殊

在排除某一故障时，要先考虑最常见的可能原因，然后再分析很少发生的特殊原因。例如：数控机床不返回参考点故障，常常是由于零点开关或者零点开关撞块位置窜动所造成。一旦出现这一故障，应先检查零点开关或者挡块位置，在排除这一常见的可能性之后，再检查脉冲编码器、位置控制等环节。

2.4　提高维修数控机床技术水平的方法

数控机床由于采用计算机控制、机电一体化技术，结构复杂、元器件较多，使数控机床的故障复杂，维修难度大，故障率相对普通机床要高。这就要求维修人员要不断提高自己的维修水平。下面介绍一些提高维修水平的方法。

1. 多问

数控机床的维修人员要养成多问的习惯，这包括：

1）要多问专家。如果有机会碰到机床厂家验收数控机床或者厂家技术人员来调试、维修数控机床，应该珍惜这样的机会，因为能够

获得大量的资料和一些数控机床维修和调试的方法和技巧。要多问，不懂的要搞清楚。有这样的机会，通过努力，一定能学到很多知识。

2）要多问操作人员。数控机床出现故障后，要多向操作人员询问，要了解故障是什么时候发生的、怎样发生的、故障现象是什么、造成的损害或者效果是什么。为了尽可能多地了解故障情况，维修人员必须多向操作人员询问。

在没有出现故障时，也要经常询问操作人员，了解机床的运行情况和异常情况，以便决定是否要对机床进行维护，或者为日后的维修提供必要的第一手资料。

3）要多问其他维修人员。数控机床出现故障后，很多故障诊断排除起来很困难，遇到难题时，要多向其他维修人员请教，从中可以得到很多经验教训，对提高维修水平和排除故障的能力大有好处。出现难以排除的故障时，还可以及时询问机床制造厂家的技术人员或者数控系统方面的专业人员，有时经过请教讨论，很快就会排除故障，并在此过程中受益匪浅。

当其他人员维修机床，自己没有机会参加时，可以在故障处理后，向他们询问，询问故障现象、怎样排除的、有何经验教训，从而提高自己的维修水平。

2. 多阅读

数控机床的维修人员要养成经常阅读的好习惯，这样可提高对数控知识、数控机床原理、数控机床维修技术等知识的掌握水平。

1）要多阅读数控技术资料。现在关于数控技术原理与数控机床维修的理论书籍很多，要多看这方面的书籍，以提高理论水平。理解和掌握数控技术的原理，对维修数控机床大有好处。

2）要多阅读数控系统的资料。要多看数控系统方面的资料，了解掌握数控系统的工作原理、PLC 控制系统的工作原理、伺服系统的工作原理。通过多看数控系统方面的资料，可以了解掌握 NC 和 PLC 的机床数据含义和使用方法、数控系统的操作和各个菜单的含义和功能，以及如何通过机床自诊断功能诊断故障。要了解掌握 PLC 系统的编程语言。有了这些积累，在排除数控机床的故障时，才能得心应手。

3）要多阅读梯形图。了解数控机床梯形图的运行程序是掌握数控机床工作原理的方法之一。掌握了数控机床的 PLC 梯形图的流程对数控机床的故障维修大有益处，特别是一些没有故障显示的故障，通过对 PLC 梯形图的监测，大部分故障都会迎刃而解。

4）要多看数控机床的图样资料。多看数控机床的电气图样，可以掌握每个电气元件的功能和作用，掌握机床的电气工作原理，并可以熟悉图样的内容和各元器件之间的关系。在出现故障时，能顺利地从图样中找到相关信息，为快速排除机床故障打好基础。

5）要多阅读外文资料。现在国内使用的很多数控机床都是进口的，而且许多国产的数控机床使用的是进口数控系统，所以能够多阅读原文资料对了解数控机床和数控系统的工作原理是非常必要的。这样也可以提高维修人员的外语水平，可以很容易看懂外文图样和系统的外文报警信息。

3. 多观察

善于观察对维修数控机床来说是非常重要的，因为许多故障都很复杂，只有仔细观察、善于观察，找到问题的切入点，才有利于故障的诊断和排除。

1）多观察机床工作过程。多观察机床的工作过程，可以了解掌握机床的工作顺序，熟悉机床的运行，在机床出现故障时，可以很快地发现不正常因素，提高数控机床的故障排除速度。

例如一台专用数控机床在工件加工结束后，机械手把工件带到进料口，而没有在出料口把工件释放。根据平常对机床的观察，工件加工结束后，工作过程是这样的：首先机械手插入环形工件，然后机械手在圆弧轨道上带动工件向上滑动，到出料口时，机械手退出工件，加工完的工件进入出料口，而机械手继续向上滑动直至进料口。因为了解机床的工作过程，通过故障现象判断，可能是系统没有得到机械手到达出料口的到位信号，检测机械手到达出料口到位信号是通过接近开关 12PX6 检测的，接入 PLC 输入 I12.6，而检查该接近开关正常没有问题，那么可能是碰块与接近开关的距离有问题。检查这个距离确实有些偏大，原来是接近开关有些松动，将接近开关的位置调整好并紧固后，这时机床正常工作。

2）多观察机床结构。多观察机床结构，包括机械装置、液压装置、各种开关位置及机床电器柜的元件位置等，从而可以了解掌握机床的结构以及各个结构的功能，在机床出现故障时，因为熟悉机床结构，很容易就会发现发生故障的部位，从而尽快排除故障。

3）多观察故障现象。对于复杂的故障，反复观察故障现象是非常必要的，只有把故障现象搞清楚，才有利于故障的排除。所以数控机床出现故障时，要注重故障现象的观察。

例如一台采用西门子 3 系统的数控机床经常出现报警 114 “Control loop hardware”，指示 Y 轴伺服控制环有问题，关机再开，机床还可以工作。反复观察故障现象，发现每次出现故障报警时，Y 轴都是运动到 210mm 左右。为了进一步确认故障，开机后不作轴向运动，在静态时几个小时也不出故障报警，因此怀疑这个故障与运动有关。根据机床工作原理，这台机床的位置反馈元件采用光栅尺，光栅尺的电缆随滑台一起运动，每班都要往复运动上千次，因此怀疑连接电缆可能经常运动使个别导线折断，导致接触不良，对电缆进行仔细检查，发现有一处确实有部分导线折断，将电缆折断部分拆开，焊接处理后，机床运行再也没有出现这个报警。

4. 多思考

1）多思考，开阔视野。维修数控机床时要冷静，要进行多方面分析，不要不经仔细思考就贸然下手。

例如一台采用 FANUC 0TC 系统的数控车床，工作中突然出现故障，系统断电关机，重新启动，系统启动不了，检查发现 24V 电源自动开关断开，对负载回路进行检查发现对地短路，短路故障是非常难于发现故障点的，如果逐段检查非常繁琐。所以当时没有贸然下手，而是对图样进行分析，并向操作人员询问，故障是在什么情况下发生的，据操作人员反映是在踩完脚踏开关之后，机床就出现故障了。根据这一线索，首先检查脚踏开关，发现确实是脚踏开关对地短路，处理后，机床恢复了正常工作。

2）多思考，知其所以然。一些数控机床出现故障后，有时在检查过程中会发现一些问题，如果把发现的问题搞清楚，有助于对机床原理的理解，也有助于故障的维修。要知其然，还要知其所以然。

例如一台采用FANUC 0TC系统的数控机床出现自动开关跳闸报警，打开电器柜发现110V电源的自动开关跳闸，检查负载没有发现电源短路和对地短路，但在接通电源开关的时候，电源总开关直接跳闸，因此怀疑110V电源负载有问题。为了进一步检查故障，将110V电源自动开关下面连接的两根电源线拆下一根，这时开总电源，电源可以加上，但在数控系统准备好后，按机床准备按钮时，这个自动开关又自动跳闸，对110V电源负载进行逐个检查，发现卡盘卡紧电磁阀3SOL1线圈短路。如图2-2所示，当机床准备时，PLC输出Y53.1输出高电平，继电器K31得电，K31触点闭合，110V电源为电磁阀3SOL1供电，因为线圈短路电流过大，所以110V电源的自动开关跳闸。更换电磁阀后机床恢复正常工作。

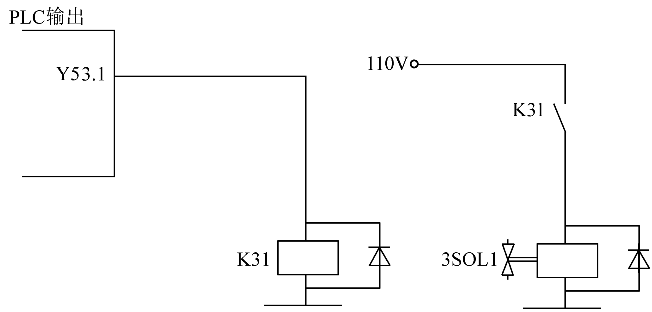


图2-2　卡盘卡紧电气控制原理图

但为什么另一个电源线一接上，总电源开关接通后就跳闸呢？顺着这根连线进行检查，发现连接到电器柜的门开关上，接着顺藤摸瓜发现经过门开关后又连接到电源总开关的脱扣线圈上，如图2-3所示，原来是起保护作用，当电器柜打开时，不允许非专业人员合上总电源。知道这样的功能，对维修其他机床也有参考作用，避免走弯路。

3）多思考，防患于未然。数控机床出现故障后，在维修过程中，发现问题后，不但要解决问

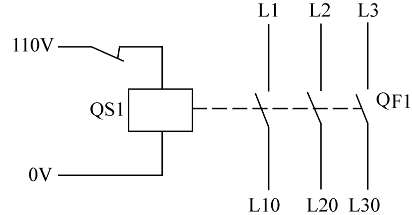


图2-3　总电源开关图

题，还要研究发生故障的原因，并采取措施防止故障再次发生，或者延长使用时间。

例如一台采用西门子 810T 系统的数控机床出现报警 1321“Control loop hardware”（控制环硬件），指示 Z 轴反馈回路有问题，经检查为编码器损坏，更换编码器故障消除。研究故障产生的原因，原来是机床切削液排出不畅，致使编码器和电缆插头浸泡在切削液中，为此采取措施，在编码器附近加装排水装置和溢流装置，使编码器再也不会浸入切削液中，防止故障再次发生。

又如一台采用西门子 810G 系统的数控机床一次出现故障，在磨削加工时，磨轮撞到工件上，致使 7 万余元的进口磨轮报废。分析故障原因，是编码器出现故障，更换编码器后，机床恢复正常工作。研究故障发生的原因，一是该机床采用油冷却，冷却油雾进入编码器，使编码器工作不稳定；二是执行加工程序时，砂轮首先快速接近工件，在距离工件 0.5mm 时使用磨削速度磨削工件。为了减少故障频次和损失，首先采取保护措施使编码器尽量少进油雾，其次对加工程序进行改进，在距离工件 10mm 时停止快移，然后以 5 倍磨削速度进给到距离工件 0.5mm 的位置，然后再进行磨削，这样即使编码器出现问题，也不至于磨轮撞到工件，只可能将工件磨废，减少损失，并可以及时发现问题。

5. 多实践

1）多实践，积累维修经验。多处理数控机床的故障，可以积累维修经验，提高维修水平和处理问题的能力，并能更多地掌握维修技巧。

2）多实践，在实践中学习。在维修中学习维修，排除机床故障的过程也是学习的过程。机床出现故障时，分析故障的过程，也是对机床和数控系统工作原理熟悉的过程，并且通过对故障疑点的逐步排查，可以掌握机床工作程序和引起故障的各种因素，也可以发现一些规律。通过在实践中的学习，可以积累经验，如果再出现相同的故障，虽然不一定是同一原因，但根据以往的处理经验，很快就可以排除故障。另外还可以举一反三，虽然有许多故障是第一次发生，但通过实践中积累的经验可以触类旁通，提高维修机床的能力和效率。

例如一台采用西门子 3M 系统的数控机床，在排除数控机床找不到参考点的故障时，发现 Y 轴编码器有问题，更换编码器时，系统出现报警 114“Control loop hardware”（控制环硬件），指示 Y 轴伺服控制环出现问题，经检查发现编码器电缆插头没有连接好，有了这样的经验后，数控机床以后出现 1*4 报警时，从检查伺服反馈回路入手，很快就能确诊故障。

6. 多讨论、多交流

1）讨论怎样排除故障。当数控机床出现故障难于排除时，可以成立小组，取长补短，使用鱼刺图，采用头脑风暴的方法，群策群力，从故障现象出发，尽可能多地列出可能的故障原因，然后逐一排查，最终找出故障的真正原因，从而排除故障。通过这样的过程，小组成员的维修水平都会得到相应的提高。

2）讨论结果、交流经验。故障维修后进行讨论，交流经验，可以起到成果共享，共同提高的作用。

3）多交流。多与其他单位同行交流，采用的方式可以是交流论文，或者参加技术交流会或者参加一些有关的学会活动，或者遇到问题进行交流探讨，这样既可以广交同行朋友，又可以开阔眼界，增长知识。

7. 多总结

机床故障排除后，要善于总结，做好记录。这个记录包括故障现象、分析过程、检查过程、排除过程，以及在这些过程中遇到的问题、如何解决的，还包括一些经验教训和心得体会，以便于起到举一反三的作用。经常进行总结可以发现一些规律和一些常用的维修方法，从而实现实践到理论的升华。

2.5　数控机床的维护

数控系统经过长期使用后，一些元器件会老化或者损坏。如果及时开展有效的维护工作，可以延长元器件的工作寿命，延长机械部件的磨损周期，防止各种故障，特别是恶性故障的发生。具体的日常维护保养在数控机床、数控系统的使用、维护说明书中都有明确的规定。概括起来应注意以下几个方面：

1．严格遵守操作规程和日常维护制度

数控机床的编程、操作、维修人员必须经过专门的培训，熟悉所用数控机床的数控系统的使用环境、条件等，能按机床和系统的使用说明书的要求正确、合理地使用，应尽量避免因操作不当引起的故障。通常新投入使用的数控机床或者由新操作人员操作数控机床，机床容易出现故障。在数控机床使用的第1年，有三分之一的机床故障是由于操作不当引起的。应根据操作规程的要求，针对数控机床各个部件的特点，编制保养条例，并且严格执行。

2．应尽量少开电气柜的柜门

在机械加工现场，空气中含有大量的油雾、灰尘甚至金属粉末，一旦它们散落在数控机床控制部分的电路板或者电子器件上，容易引起元器件绝缘电阻下降，甚至导致元器件及电路板的损坏。有的用户在夏天为了使控制系统超负荷长期使用，采取打开控制柜的柜门来散热，这是一种极不可取的方法，其最终将导致控制系统的加速损坏。正确的方法是降低控制系统的外部环境温度。因此应该有一个严格的规定，除非进行必要的调整和维修，否则不允许随意开启电气柜柜门，更不允许在使用时敞开柜门。

一些已受尘埃、油雾污染的电路板和接插件，可采用专门的电子清洗剂喷洗。在清洁接插件时可对插孔喷射足够的液雾后，将原来插脚插入，再拔出，即可将脏物带出，可反复进行，直至全部清洁为止。接插件插接好后，多余的清洁剂自然滴出，将其擦除干净，经过一段时间之后，自然干燥的清洁剂会在非接触面形成绝缘层，使其绝缘良好。在清洗受污染的电路板时，可用清洁剂对电路进行喷洗，喷完后，将电路板立放，使尘污随多余的清洁剂的液体一起流出，待晾干后即可使用。

3．定期检查控制系统的冷却通风装置

数控系统的控制元件都在电气柜中，大部分的电气柜都采用了制冷装置或者通风装置，为了减少数控系统因过热引起的损坏，应经常检查冷却或者通风装置的效果，经常清洁过滤装置和换风扇，保证冷却效果。冷却效果好，可减少控制系统元器件的老化程度，延长系统的使用寿命。

4. 定期更换系统后备电池

因为很多机床数据、加工程序都存在系统随机存储器 RAM 中，后备电池在系统断电时，给存储器供电，保证这些数据不至于在系统断电时丢失。在一般情况下，即使电池尚未失效，为了使系统可靠工作，也要一年更换一次电池。另外一定要注意，更换电池一定要在系统供电的状态下进行，这样才不至于将存储器中的数据丢失。一旦系统数据、程序丢失，在更换新电池后，可将数据、程序重新输入，这时机床才能正常工作。

5. 数控机床要满负荷工作

应该提高数控机床的使用率，这里所说的使用率就是要让数控机床满负荷工作，不要让机床闲置。如果闲置时，最好经常通电，因为数控系统经常在长期停用后重新启动时出现故障。

在夏天雨季时，空气湿度较大，特别在南方的梅雨季节，数控机床尽量不要关机，以靠自身的发热及风扇作用，使水雾不致凝结在电路板上，防止开机通电时烧毁数控系统的电气元器件。

6. 加强润滑管理

为了保证数控机床机械部件的正常运行，减少机械磨损和因为机械部件磨损严重引起的机床故障，应保证机床的润滑。润滑质量提高，可以增加数控机床机械故障的平均无故障时间。因此要经常检查润滑装置、润滑油油位、润滑油油质及润滑效果。如发现异常，及时排除。

7. 检查电源的供电质量

供数控机床使用的电源电压应在规定范围之内（－15％～10％），并且波动不要太大，如果超出此范围，轻则系统不能正常工作，重则会造成电子部件损坏。因此要经常注意电网电压的波动。还要经常检查电源三相是否平衡，接地是否良好，以确保电源的可靠性。

8. 定期检查和更换直流电动机的电刷

对于使用直流电动机的数控机床，直流电动机电刷的过度磨损将会影响电动机的性能，甚至造成电动机的损坏。为此，应对电动机电刷进行定期的检查和更换。检查步骤如下：

1）要在系统断电状态，且电动机已经完全冷却的情况下进行检查。

2）取下橡胶刷帽，用螺钉旋具拧下刷盖取出电刷。

3）测量电刷长度，如磨损到原来长度的一半左右时必须更换同型号的电刷。

4）仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂缝，以及电刷弹簧上有无打火痕迹，如有上述现象必须用新电刷更换。更换后如果下次检查还出现这种现象，则应考虑电动机的工作条件是否过分恶劣或检查电动机是否有问题。

5）用不含金属粉末、水分的压缩空气吹电刷孔，吹掉沾在孔壁上的电刷粉末。如果难以吹掉，可用螺钉旋具刀尖轻轻清理，直至孔壁全部干净为止。但要注意不要碰到换向器表面。

6）重新安装电刷，拧紧刷盖。如果要换了电刷，要使电动机空运行一段时间，进行磨合，使电刷表面与换向器表面吻合良好。

9．数控机床长期不用时的维护

为了提高数控机床的利用率和减少数控机床的故障，数控系统应满负荷使用，而不是长期闲置不用。但由于某些原因造成数控机床长期不用时，为了避免数控机床一到投入使用时就出现故障，需注意以下几点：

1）要经常给数控机床通电，特别是在环境湿度较大的梅雨季节更应该如此。在机床锁定不动（即伺服电动机不转）的情况下，让数控系统空运行，利用电气元件本身的发热来驱散系统内的潮气，保障电子器件性能稳定可靠。另外经常通电也可以使后备电池得到充电，但通电时要检查后备电池的电压，一旦过低马上更换，防止断电时系统数据丢失。

2）导轨、滑台等运动部件在长期停用之前应该涂上油脂，防止运动部件生锈或者腐蚀。

3）如果数控机床的进给轴或者主轴采用的是直流电动机，应将电刷从直流电动机中取出，以免由于化学腐蚀作用，使换向器表面腐蚀，造成换向器性能变坏，甚至使整台电动机损坏。

10．备用印制电路板的维护

印刷电路板长期不用存放在库房，使用时容易出现故障。因此对购置的印制电路板备件应定期装到数控系统上运行一段时间，以防损坏。

第3章　典型数控系统介绍与系统故障的维修

3.1　西门子840D系统

3.1.1　西门子840D系统的软件结构

西门子840D系统是西门子公司20世纪90年代中期推出的一种中档数控系统。它与以往数控系统的不同点是，数控与驱动的接口信号是数字量的，人机界面建立在FlexOs基础上，更易操作和掌握。另外，它的硬件结构更加简单，软件内容更加丰富。西门子840D系统具有计算机化、驱动的模块化、控制与驱动接口的数字化。这三化代表着当今数控发展的趋势。

图3-1是西门子840D系统软件构成框图。图中一些英文符号解释如下：

SRAM：Staic Memory（Buffered）静态储存器

DPR：Dual-Port RAM 双口 RAM

DRAM：Dynamic Storge（RAM ）动态储存器

MPI：Multi-Point-Interface多点接口

MMC：Man Machine Communication人机通信

NCU：Numerical Control Unit数字控制单元

NCK：Numerical Control Kernel数字控制核

PCMCIA：Personal Computer Memory Card International Association个人计算机储存卡协会

3.1.2　西门子840D系统的硬件构成

西门子840D为两级计算机系统，上位机MMC（PCU）为人机操作单元，是一台装有Windows和西门子操作系统的计算机系统。NCU为数控（机床控制）单元，控制机床的运行。

西门子840D系统的基本构成框图如图3-2所示。

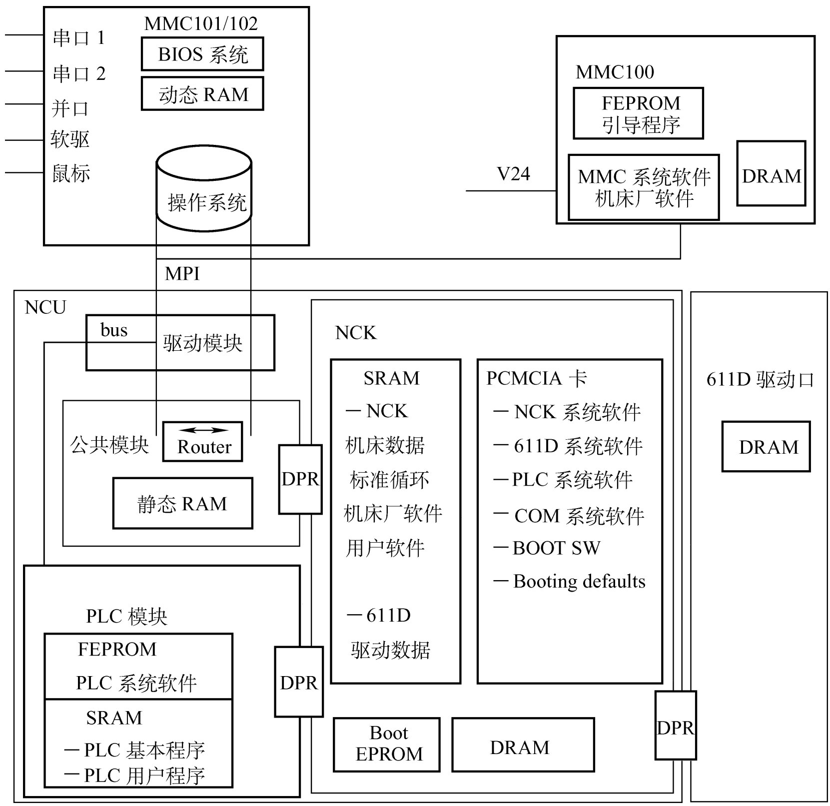


图 3-1　西门子 840D 软件结构图

图中的符号意义如下：

OP	Operator Panel	操作面板
MMC	Man Machine Communication	人机通信
MCP	Machine Control Panel	机床操作面板
NCK	Numerical Control Kernel	数字控制核
PLC	Programmable Logic Controller	可编程序控制器
MPI	Multi Point Interface	多点接口

图 3-3 是西门子 840D 系统硬件的构成框图，其主要硬件构成见表 3-1。

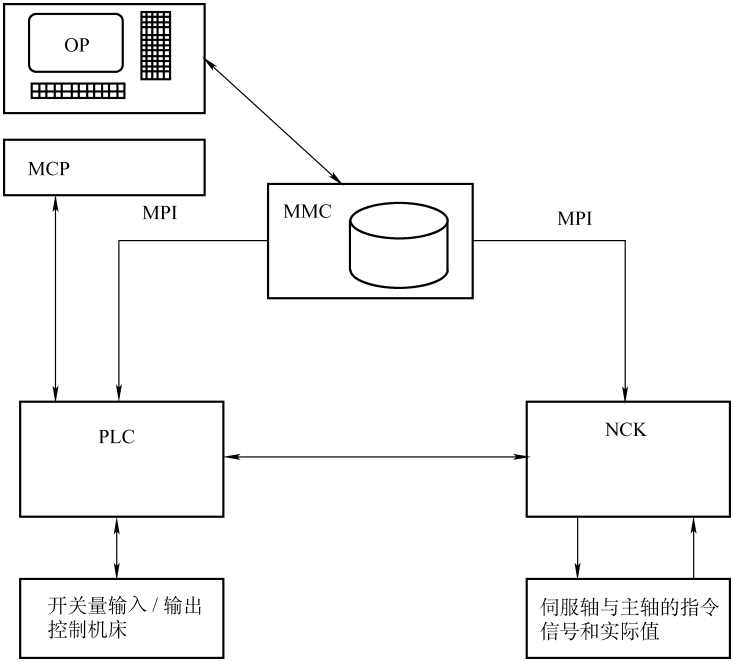


图 3-2　西门子 840D 系统的基本构成框图

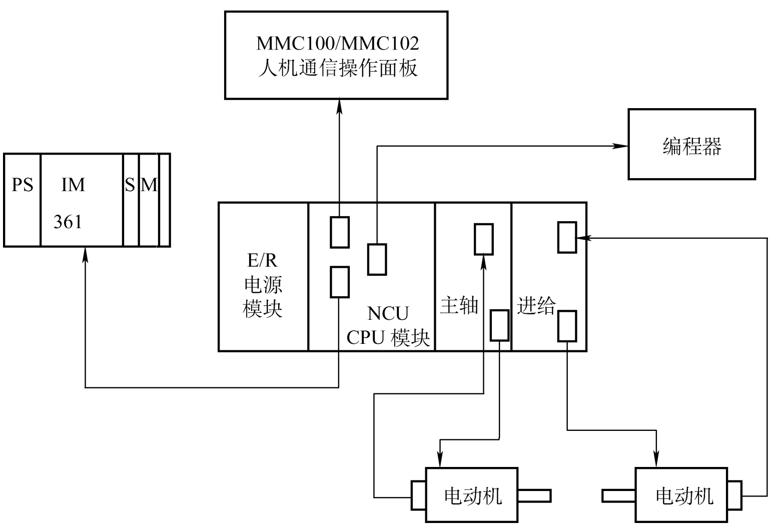


图 3-3　西门子 840D 系统硬件结构图

表 3-1　西门子 840D 系统硬件构成

	模块名称	功　　能
1	MMC 100/102 人机通信操作面板	包括 OP、MMC 和 MCP 三个部分
2	NCU	西门子 840D 的 NCK 与 PLC 都集成在这个模块上，包括相应的数控软件和 PLC 控制软件，并且带有 MPI 或 Profibus 接口、RS232 接口、手轮及处理接口和 PCMCIA 卡插槽等。它最多可以控制 31 个轴（其中可有 5 个是主轴）
3	E/R 电源模块	向 NCU 提供 24V 工作电源，也向 611D 提供 600V 直流母线电压
4	611D 主轴与进给模块	由 E/R 电源模块供电，受控于 NCU，并带动主轴或进给轴电动机运转
5	IM361-PLC 输入/输出接口模块	1）通过 MPI 总线与 NCU 中的 PLC 相连 2）通过内部总线与 PLC 的各 I/O 模块相连
6	PS（Power Supply）PLC 的电源模块	为 PLC 输入/输出接口提供电源
7	SM（Signal Module）PLC 输入/输出的信号模块	通过这个模块把机床信号输入到 PLC，并且输出 PLC 的控制信号

3.1.3　西门子 840D 系统的集成式可编程序控制器（PLC）

西门子 840D 系统采用集成式 PLC，其软件和硬件都集成在 NCU 单元上。另外，外围硬件包括电源模块（PS）、接口模块（IM）和信号模块（SM），它们并排安装在一根导轨上，如图 3-4 所示，其中：

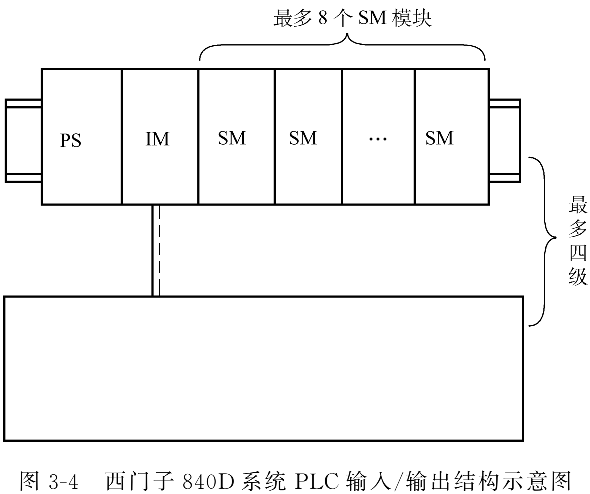


图 3-4　西门子 840D 系统 PLC 输入/输出结构示意图

电源模块 PS 为 PLC 和 NC 提供＋24V 和＋5V 电源。

接口模块 IM（Interface Module）用于级之间的互连。

信号模块 SM 是用于机床 PLC 输入/输出的模块，有输入型和输出型两种。

西门子 840D 的 PLC 用户程序同其他数控系统的 PLC 用户程序一样，是关于机床状态、外围输入信号与控制开关之间逻辑关系的程序，即机床的电气控制的逻辑关系主要是在 PLC 用户程序中确定的。西门子 840D 的 PLC 用户程序是由 STEP7 编程语言来编写的，可以借助 PG720/PG740 等编程器或者装有 STEP7 软件的个人计算机，对 PLC 用户程序进行编辑、传入和传出；也可以对 PLC 进行在线诊断和状态控制；也可读出中断堆栈、信号状态；也可启、停 PLC，这给诊断、处理与 PLC 有关的故障提供了极大的方便。

3.1.4　西门子 840D 系统的机床数据

1. 西门子 840D 系统的机床数据分类

西门子 840D 系统的机床数据比较多，表 3-2 为西门子 840D 系统机床数据分类表。

表 3-2　西门子 840D 系统机床数据分类表

序号	数据类别	机床数据定义范围
1	通用机床数据	NC-MD10000～NC-MD18900
2	通道类机床数据	NC-MD20000～NC-MD28999
3	轴类机床数据	NC-MD30000～NC-MD38999
4	进给轴驱动数据（FDD）	NC-MD1000～NC-MD1799
5	主轴驱动数据（MSD）	NC-MD2005～NC-MD2725
6	操作面板用机床数据	NC-MD9000～NC-MD9999
7	通用设定数据位	NC-MD41000～NC-MD41999
8	通道类设定数据位	NC-MD42000～NC-MD42999
9	轴类设定数据位	NC-MD43000～NC-MD43999
10	编译循环用通用机床数据	NC-MD51000～NC-MD61999
11	编译循环用通道类机床数据	NC-MD62000～NC-MD62999
12	编译循环用轴类机床数据	NC-MD63000～NC-MD63999

2. 机床数据的设定

机床数据的设定可分为两大类，一类是系统关于机床和轴的数据；另一类是驱动的数据。

（1）机床和轴数据设定　关于 NC 机床和轴数据的意义请参见有关系统手册的说明，这里对一般情况进行介绍。

1） 通用机床数据

MD10000 设定机床所用的所有物理轴，例如 X 1⟶识别符号，如
　　　　　　　　　　　　　　　　　　　└⟶轴名
通道号等。

2） 通道机床数据：

MD20000　　　　设定通道名 CHAN1。

MD20050 [n]　　设定机床伺服轴的序号。

MD20060 [n]　　设定机床伺服轴轴名。

MD20070 [n]　　设定机床存在轴的轴序号。

MD20080 [n]　　设定通道内编程用的轴名。

以上机床数据设定后，只有系统重新上电后才有效。

3） 轴相关机床数据

MD30130　　　　设定轴指令类型。

MD30240　　　　设定轴反馈类型。

如果这两个数据设置为“0”，说明该轴为虚拟轴。这两个数据设定后，系统必须复位后才有效。

（2）驱动数据设定　驱动数据设定包括驱动模块的位置、伺服轴的逻辑驱动号，确定是否激活模块，然后配置电动机。

3.1.5　西门子 840D 系统 NC 总清（初始化）操作

西门子 840D 系统有时因为故障或者更换 NCU 模块，需要对 NC 进行存储器总清操作，即进行 NC 初始化，操作步骤如下（参考图 3-5）：

1） 将 NC 启动开关 S3 拨到“1”。

2） 启动 NC，如 NC 已启动，按压复位按钮 S1。

3） 待 NC 启动成功后，七段数码管显示“6”。

4） 将 S3 拨到“0”，NC 总清执行完成。

NC 总清后，SRAM 内存中的内容被全部清除，所有机器数据（MACHINE DATA）被预置为默认值，此时 PS 和 PF 红灯都应该常亮。

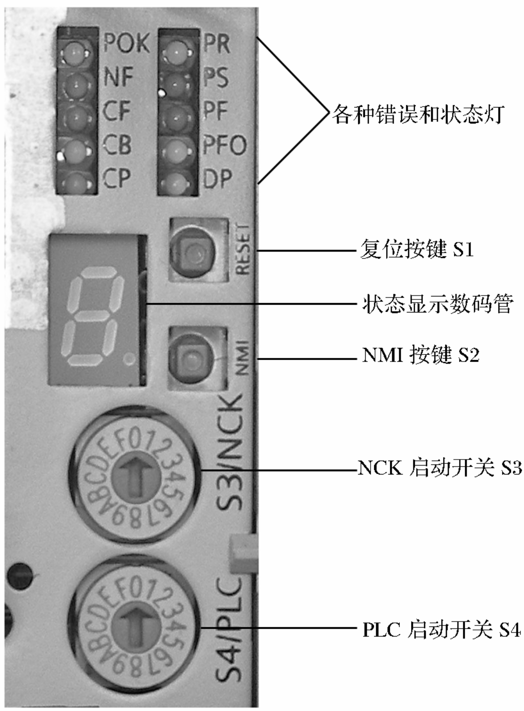


图 3-5　西门子 840D 系统 NCU 模块上的操作及显示元件

3.1.6　西门子 840D 系统 PLC 总清（初始化）操作

西门子 840D 系统有时因为故障或者更换 NCU 模块，需要对 PLC 进行存储器总清操作，即进行 PLC 初始化，操作步骤如下（参考图 3-5）：

1）将 PLC 启动开关 S4 拨到“2”。

2）将 S4 拨到“3”，并保持约 3s 直到 PS 灯再次亮。

3）在3s之内，快速执行如下操作：S4拨到“2”，再拨回“3”，再拨到“2”。在这个过程中，PS灯先闪，后又亮，PF灯亮。

4）等PS和PF灯亮了，S4“2”拨到“0”，这时，PS和PF灯灭，而PR灯亮。至此PLC总清完成。

3.1.7　西门子840D系统的系列备份与恢复

西门子840D系统的上位机MMC103或PCU50、PCU70带有硬盘，数控机床的数据和程序通过系列备份将NC备份文件、PLC备份文件和MMC的备份文件存储在硬盘中，也可以将这3个备份文件复制出来在外部保存，一旦数控机床出现数据错误，可以将3个文件恢复到系统中。

系列备份步骤

1）在start up菜单输入密码。

2）按菜单选择键

找到含有Service（服务）功能的菜单。

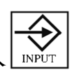
3）按Service下面的软键，进入Service菜单。

4）按扩展键 >，进入文件、数据备份画面。

5）按Series Start-up下面的软键，进入数据、文件系列备份画面，如图3-6所示。

6）用上下箭头按键选择需要备份的数据（例如光标移到PLC），按

键确认。

7）输入文件名（例如PLC0805），按黄色输入

键确认（这个操作是十分必要的，否则输入的文件名不被确认）。

8）按屏幕右面的Archive软键进行相应数据文件的硬盘备份，如图3-7所示对PLC数据进行备份，文件名为PLC0805. ARC。

重复6）、7）、8）步就可以将NC、PLC、MMC的数据文件进行备份。

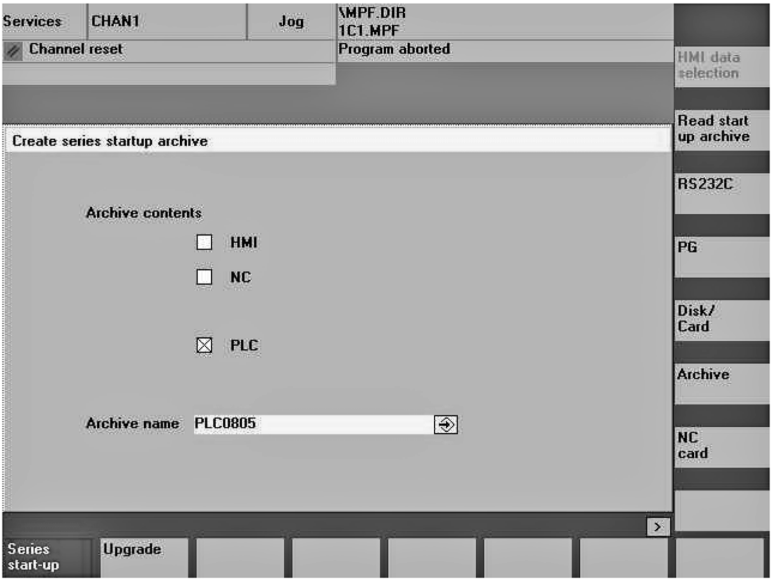


图 3-6　系列备份页面

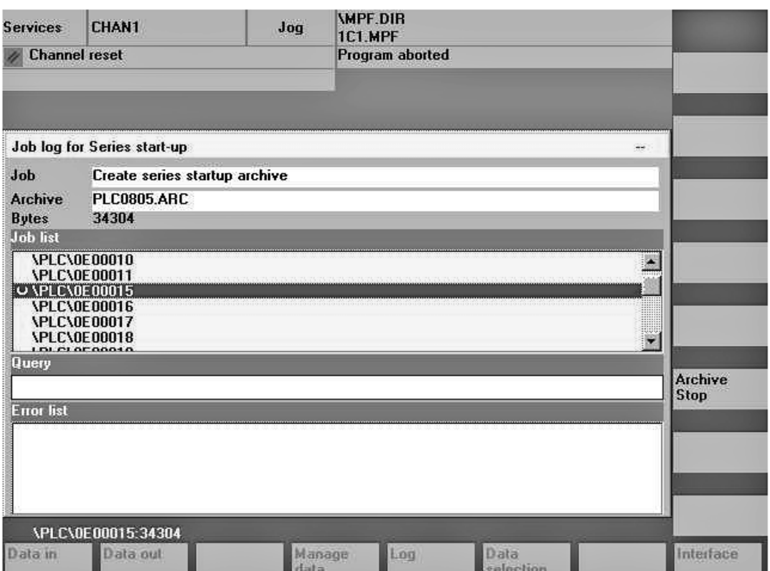


图 3-7　PLC 备份页面

系列备份文件检查方法

备份文件存储在 PCU（MMC）的硬盘中，可以进行查看，查看步骤如下：

1）在 start up 菜单输入密码。

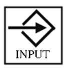
2）按菜单选择键

找到含有 Service（服务）功能的菜单。

3）按 Service 下面的软键，进入 Service 菜单。

4）按 Data selection 下面的软键。

5）用箭头键选择文件夹 Archive。

6）按黄色输入

键可显示备份文件夹中的内容，如图 3-8 所示。

这样就可以查看到系列备份的文件。

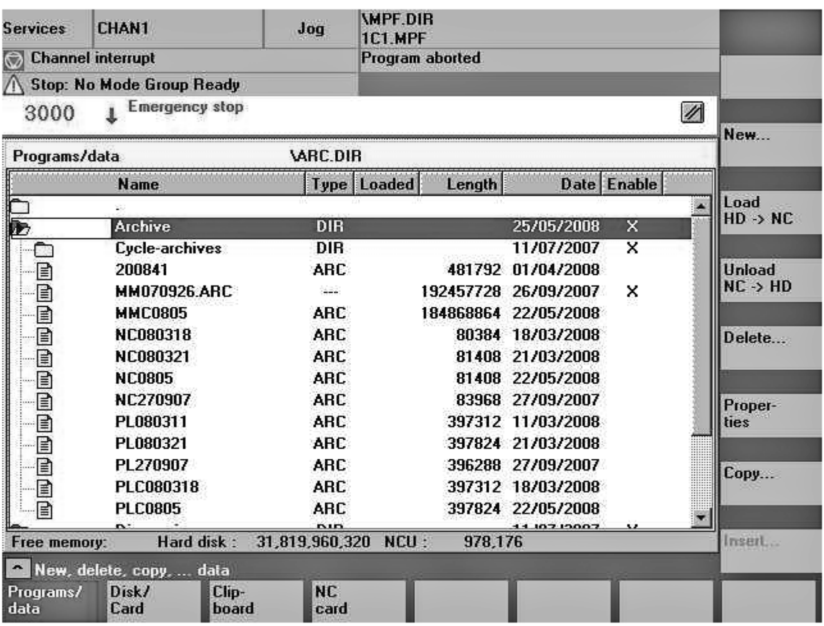


图 3-8　备份文件夹内容显示

系列备份文件恢复方法

数据恢复包括 NC 数据和 PLC 程序，其步骤如下：

1）按 START UP 下面的软键。

2）按扩展键 > 。

3）按 PASSWORD 下面的软键。

4）按屏幕右侧 SET PASSWORD 右面的软键。

5）输入密码“SUNRISE”，按黄色输入键确认。

6）按菜单转换键。

7）按 Services 下面的软键。

8）按扩展键 > 进入图 3-9 所示的画面。

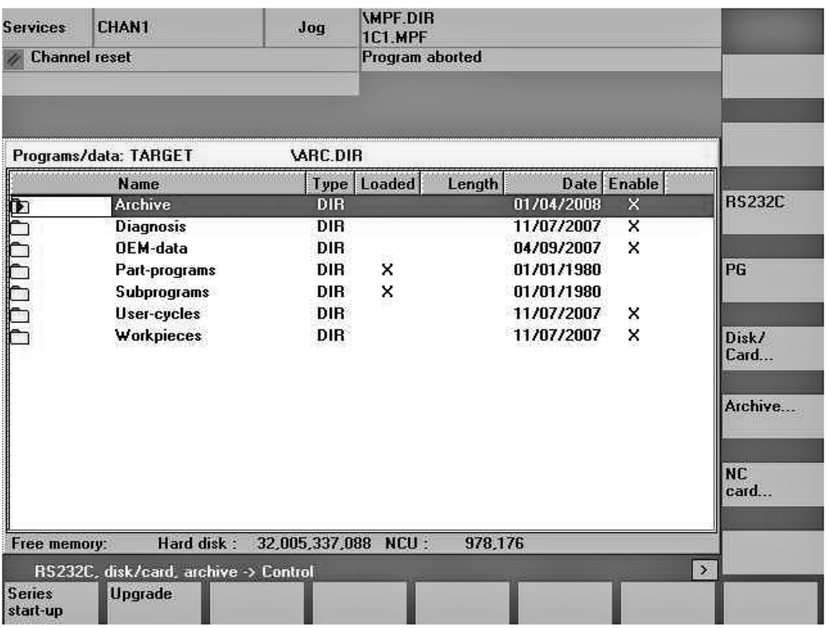


图 3-9　西门子 840D 系统 Services（服务）扩展菜单

9）按 Series start-up 下面的软键，进入图 3-10 所示的画面。

10）按 Read start up archive 右面的软键，进入图 3-11 所示的页面。

11）选择 NC 数据文件（如图 3-11 中的 NC0805 文件）。

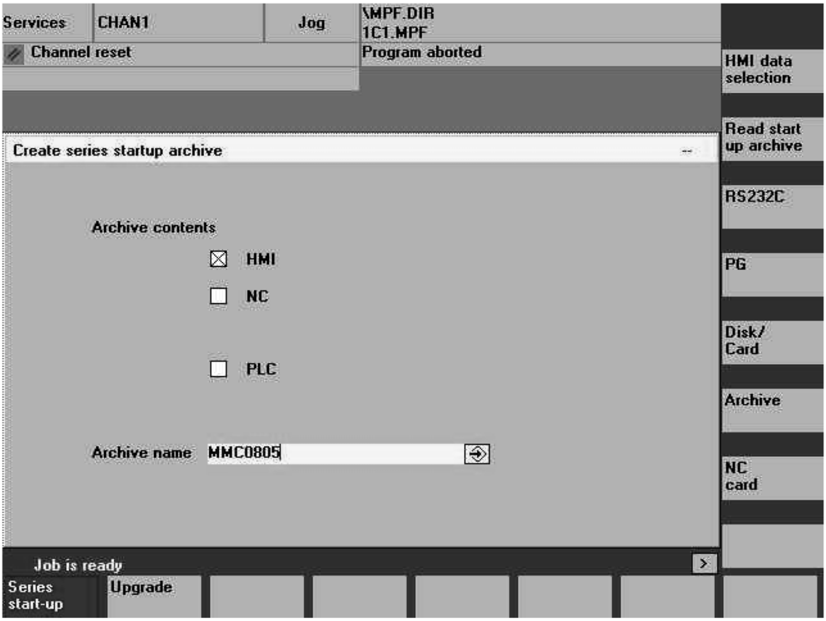


图 3-10　西门子 840D 系统系列备份页面

12）按 Start 右侧的软键。

13）按 YES 右侧的软键，系统即开始自动恢复 NC 数据。

14）然后按照 10）～13）的步骤选择 PLC 系列备份文件（如图 3-11 中的 PLC0805 文件），恢复 PLC 数据。

15）数据恢复结束，按屏显 Make start up archive 右侧的软键返回上一级菜单。这时关机，几分钟后重新开机，系统报警消除，机床恢复正常工作。

3.1.8　西门子 840D 系统 PCU50.3 硬盘整盘备份方法

西门子 840D 系统 PCU 为上位计算机，其中 PCU50.3 带有硬盘，数据和程序以及系列备份的文件都存储在硬盘上。为了避免硬盘损坏造成的数据丢失，应该对硬盘进行全盘备份。

对硬盘备份有两种方式：

1）将硬盘拆下，通过 PC 对硬盘进行 GHOST 备份。这种方法

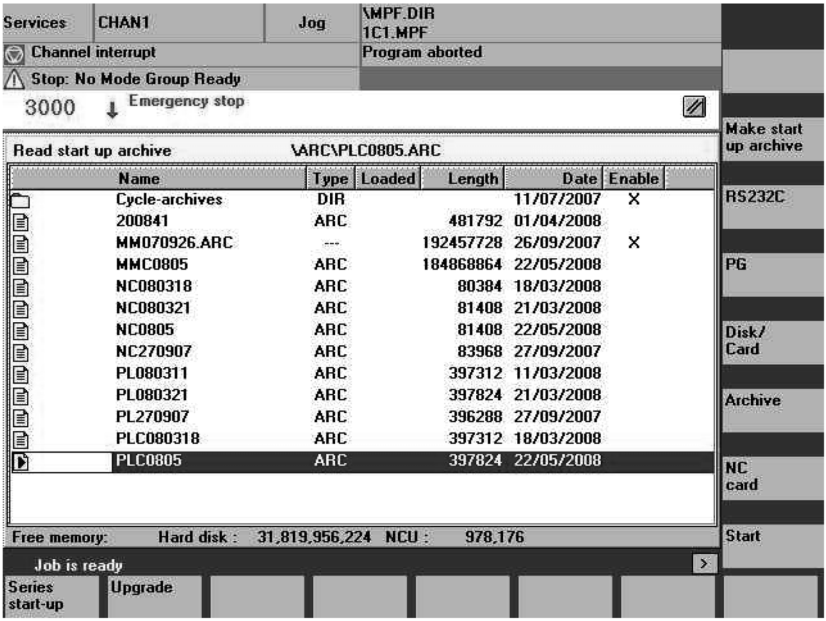


图 3-11　西门子 840D 系统系列备份回装文件选择画面

操作起来繁琐，还可能出现意外损坏。

2）西门子 840D 系统的 PCU 具有 GHOST 备份功能，可以对除了 C 盘以外其他 3 个盘进行备份，也可以进行整个硬盘的备份，当然整个硬盘的备份要连接 PC 来完成。本节主要介绍怎样通过连接 PC 进行整盘备份。

对于 840D 系统 PCU50.3 操作单元 GHOST 硬盘网络备份步骤如下：

1. 对 PC 进行设置

对连接的 PC 进行如下设置：

1）设置计算机的名称，例如设置为 Laptop。

2）设置 IP 地址，例如设置为 192 . 168 . 84 . 10。

3）创建一个具有管理员权限的用户，例如“auduser”，及其用户密码，如果使用字母，要注意字母的大小写。

4）在C盘上建立一个共享文件夹，例如GHOST，注意字母的大小写。

5）关闭计算机的防火墙。

2. 西门子840D系统PCU50.3的网络设置（主要针对预装HMI的PCU50.3）

首先将PC与PCU50.3进行网线连接，然后进行如下操作：

（1）进入用户服务画面　PCU50.3上电后，当显示图3-12所示画面，注意这时在屏幕的右下角有PCU版本显示（如“V08.00.01.01”），也可能是其他画面，但必须是右下角有PCU版本显示时，按数字按键“3”，这时系统将显示Service User Logon（服务用户登录）页面，如图3-13所示。



图3-12　840D系统（PCU50.3）启动画面之一

（2）进入Windows页面　首先输入用户名和密码。通常用户名为auduser不用改变。将光标移到User Password（用户密码）一栏，输入PCU50.3（通常输入SUNRISE即可），然后用鼠标单击Service

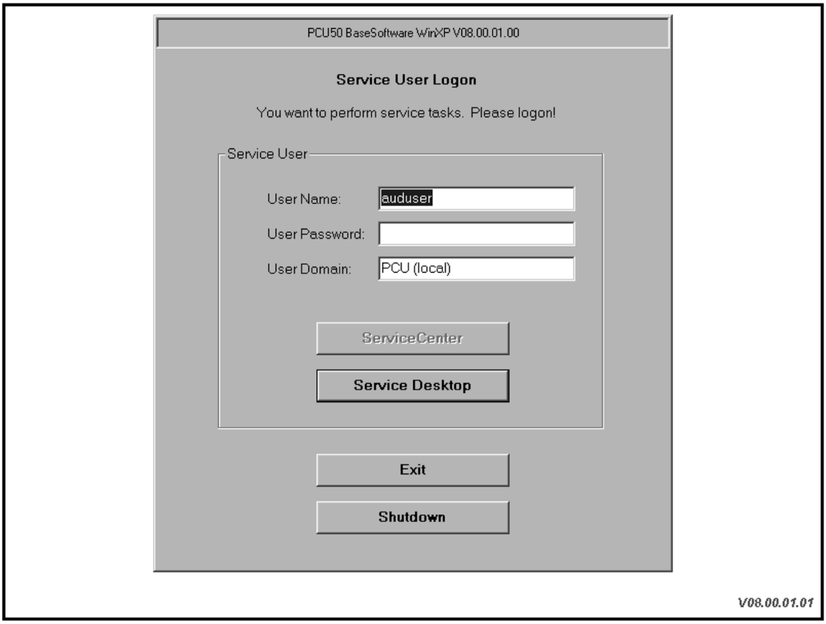


图 3-13　服务用户登录对话框

Desktop（服务桌面）选项，进入 Windows 界面，如图 3-14 所示。

（3）检查、设置 IP 地址

1）单击桌面上的 Service Center（服务中心），进入图 3-15 所示的画面。

2）单击 Set network options for Backup/Restore（设定备份/恢复的网络选件）后面的 Setting... 选项，进入 IP 地址设定画面，如图 3-16 所示。

3）在该画面的上部，选择“Ethernet2”。

4）选择 Use the following settings（使用下列设置）。

5）选择 Use the following IP address（使用下列 IP 地址）。

6）修改 IP 地址为 192．168．84．2，单击 Apply 回到图 3-15 所示画面。

3. 网络连接

1）设置 IP 地址之后，在显示图 3-15 所示的画面时，单击



图 3-14　PCU50.3 的 Windows 界面

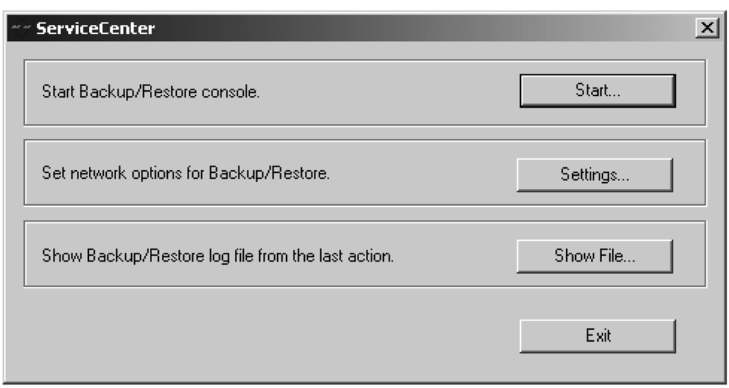


图 3-15　Service Center（服务中心选项）

“Start Backup/Restore console” 后面的选项 Start...，出现图 3-17 所示的操作提示，按字母键 “Y”，退出 Windows 画面，重启系统。

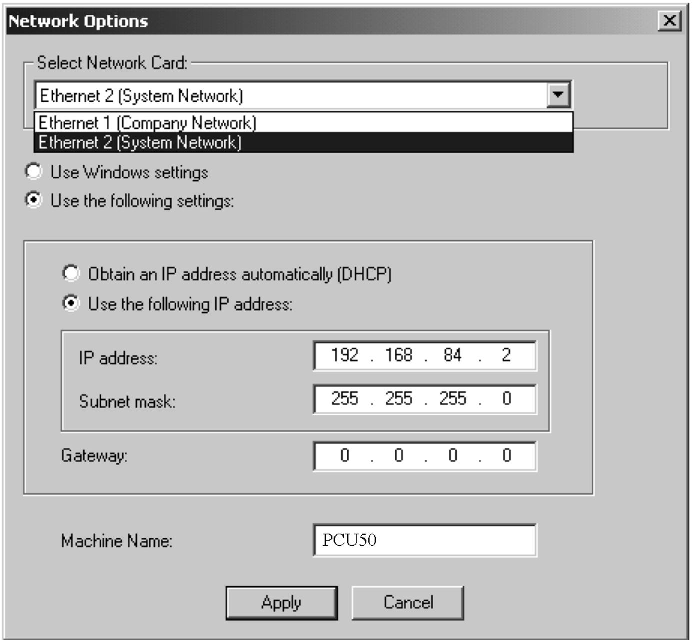


图 3-16　IP 地址检查设置页面

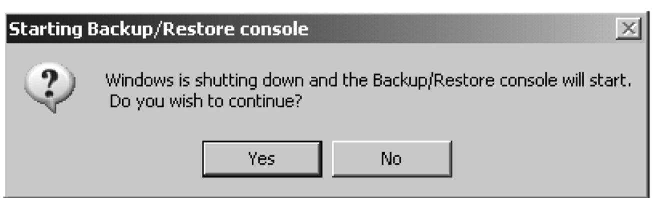


图 3-17　系统重启确认提示

2）启动 Service Center（服务中心），系统经过安装硬件设备、设定显示分辨率、启动网络等过程（参考图 3-18）。

3）启动结束进入图 3-19 所示画面，选择 Backup/Restore a Disk Image（备份/恢复整个硬盘映像备份/恢复）。



图 3-18　Service Center 再启动过程界面

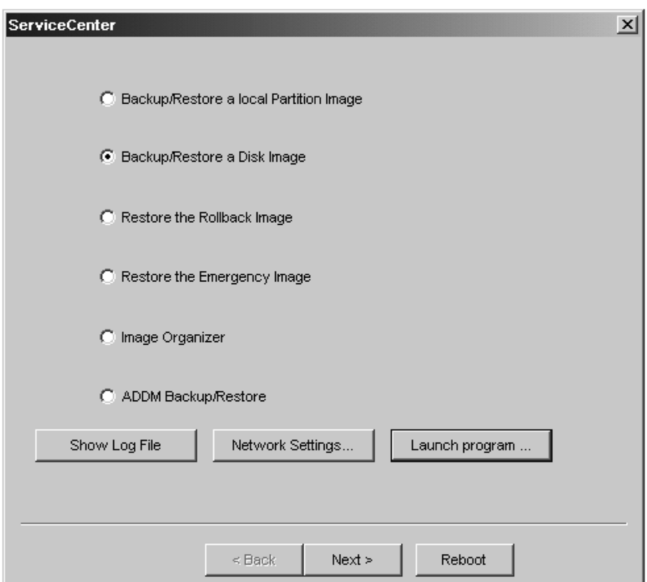


图 3-19　Service Center 功能选择画面

4）单击屏幕下部的 Next 选项，进入图 3-20 所示的画面，进行备份/恢复选择，并添加网络驱动器。

4．备份操作

1）在图 3-20 界面的上部选择 Backup（备份），然后单击 Add Network Drive...（添加网络驱动器），进入图 3-21 所示画面。

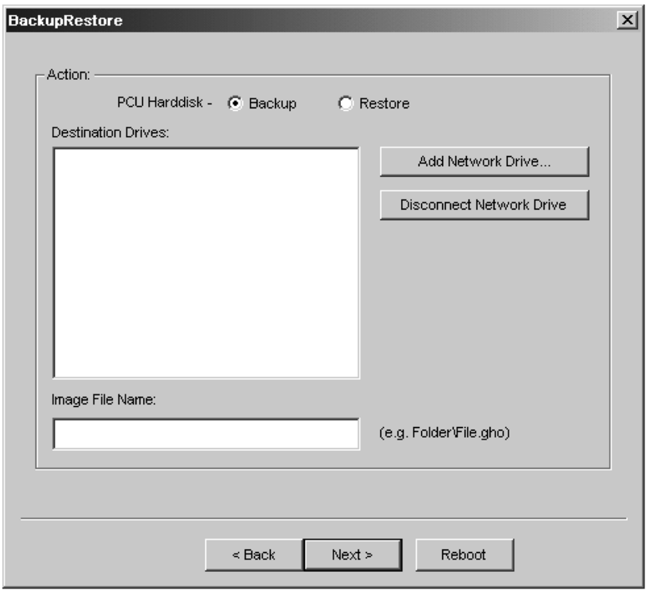


图 3-20　BackRestore（备份/恢复）选择画面

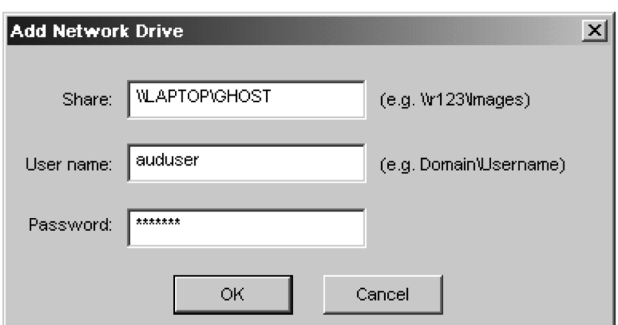


图 3-21　PC 名字密码输入页面

2）在图 3-21 所示的页面输入连接的计算机名称、用户名称、文件夹的名称及密码，然后单击 OK 按钮，如果连接成功，进入图 3-22 所示画面。

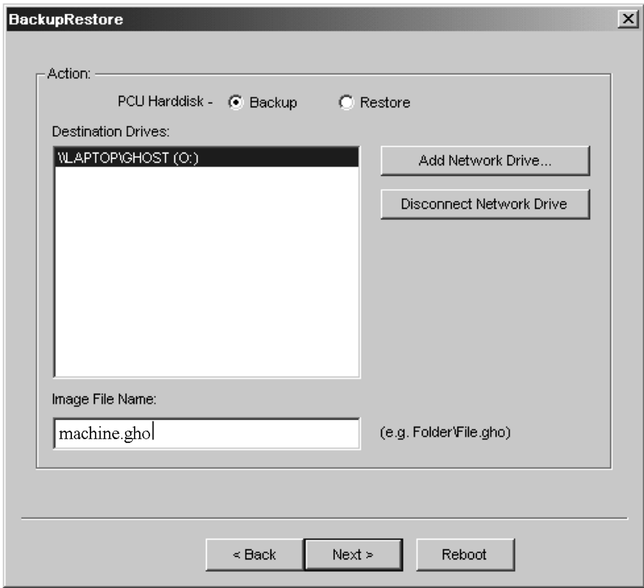


图 3-22　网络计算机连接成功画面

3）在映像文件名字（Image File Name）一栏输入备份映像文件的名字，例如 machine. gho，然后单击 Next，进入图 3-23 所示的备份信息确认画面。

4）可以对是否进行映像文件进行分割（Split）进行设定，如要设定，单击画面下方的 Options（选项），进入图 3-24 所示的分割选择画面，可以选择分割，并确定分割文件的大小，单击 OK 按钮进行确认，并返回 3-23 所示画面。

5）这时点击画面下方的 Finish（完成）选择，系统运行 Ghost 软件进行整盘备份，如图 3-25 所示。

6）备份结束，返回图 3-23 所示画面，单击 Reboot 选项，进行系统热启动，备份结束。

5. 硬盘恢复

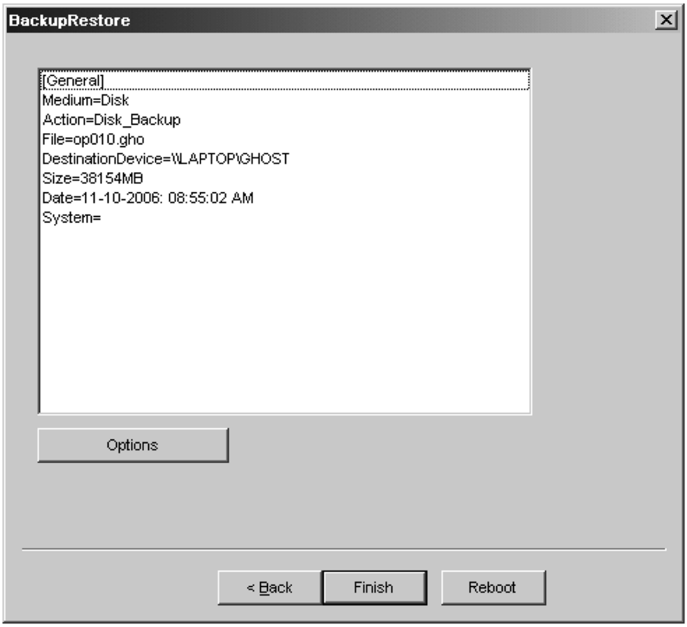


图 3-23　备份信息确认画面

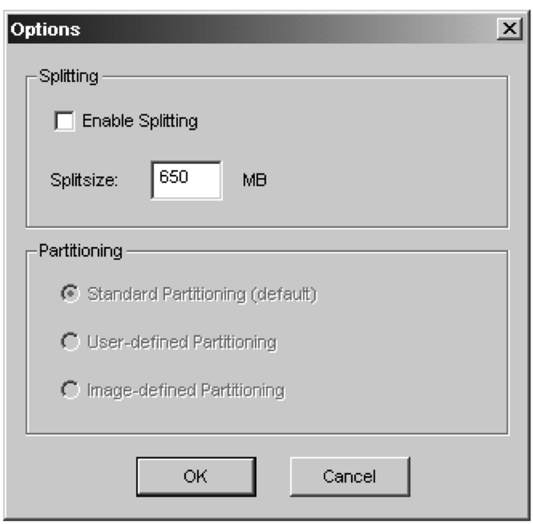


图 3-24　备份时分割（Split）选择画面

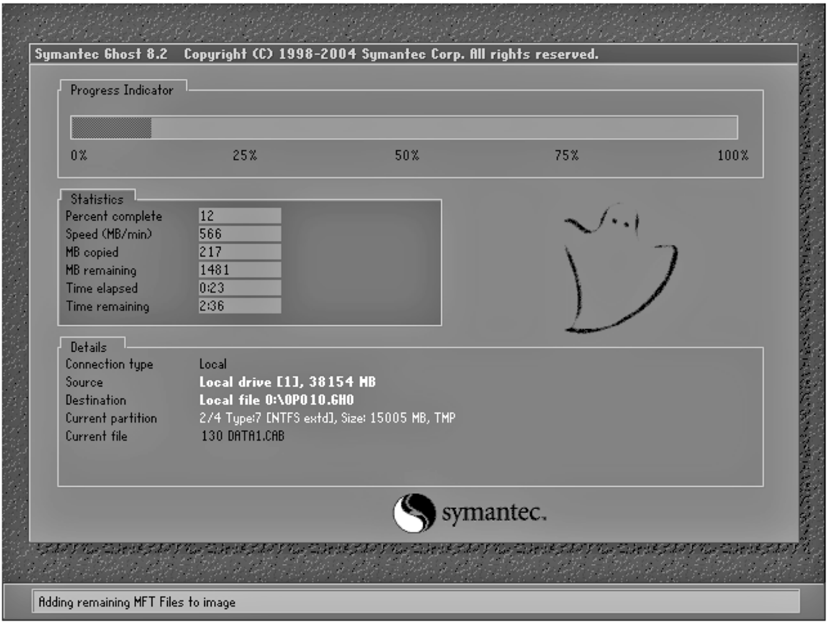


图 3-25 Ghost 备份过程画面

1）执行第 1. 和第 2. 项操作。

2）在图 3-21 所示画面输入备份文件所在计算机的名称与密码。

3）在图 3-22 所示画面选择 Restore（恢复），并输入备份文件的文件名。

4）在添加网络驱动显示图 3-23 所示画面时，单击 Options 按钮，进入图 3-26 所示画面。

5）图 3-26 的下部是恢复时需要选择的项目，选择第一项，默认标准分区，确认后返回图 3-23，单击 Finish（完成），返回图 3-22 所示画面，只不过上部的选项是 Restore（恢复），单击 Next 进行硬盘恢复，恢复成功后单击 Reboot，重启系统。

3.1.9 西门子 840D 系统的故障报警与维修

1. 报警类型及代码

西门子 840D 系统自诊断能力非常强，诊断出故障后，产生报警及报警号和报警信息。另外还有报警记录，可以记录近期曾经发生的报警。

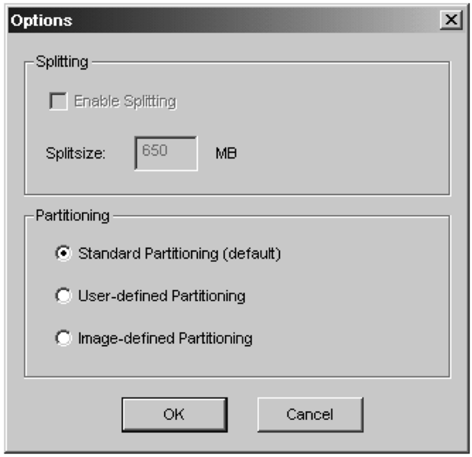


图 3-26　恢复备份时选项菜单

西门子 840D 系统报警分类见表 3-3。

表 3-3　西门子 840D 系统报警分类

序号	报　警　号	报　　警	报警类别
1	000000～009999	一般报警	NC 报警
2	010000～019999	通道报警	
3	020000～029999	进给轴/主轴报警	
4	030000～039999	功能报警	
5	060000～064999	SIEMENS 循环程序报警	
6	065000～069999	用户循环程序报警	
7	070000～079999	机床厂编制的报警	
8	100000～100999	基本程序报警	MMC 报警/信息
9	101000～101999	诊断报警	
10	102000～102999	服务报警	
11	103000～103999	机床报警	
12	104000～104999	参数报警	
13	105000～105999	编程报警	
14	107000～107999	OEM 报警	

（续）

序号	报　警　号	报　　警	报警类别
15	300000～399999	驱动报警	611D报警
16	400000～499999	一般报警	PLC报警
17	500000～599999	通道报警	
18	600000～699999	进给轴/主轴报警	
19	700000～799999	用户报警	
20	800000～899999	顺序控制报警	

2. 西门子840D系统硬件的维修特点

西门子840D系统硬件的特点是模块少、结构简单。这主要是由于丰富的软件替代了一部分硬件功能所致。因而其硬件的故障率很低，且一旦出现系统自身的硬件故障，在现场只有用备件来替换。除了驱动模块外，可替换的只有NCU和MMC这两个模块，而这两个模块集成度很高，在现场是无法修理的；若PLC的I/O模块有问题也会有相应的提示，及时更换就可以了。

3.2　FANUC 0i-C系统

3.2.1　FANUC 0i-C系统的基本构成

FANUC 0i-C系统集成度比较高、模块较少，主要由主控制单元、LCD与系统键盘、I/O接口单元以及αi或βi伺服进给和主轴单元组成。图3-27是FANUC 0i-C系统的基本配置示意图。FANUC 0i-C系统最大的特点是采用了I/O Link总线与I/O设备相连，使用FSSB总线与伺服驱动单元相连。图3-28是FANUC 0i-C系统数据单元内部电缆连接示意图。

FANUC 0i-C系统主要构成单元介绍如下：

1. FANUC 0i-C主控单元

FANUC 0i-C主控单元是系统控制核心，其功能强大，具有NC的CPU功能、PMC的CPU功能、存储器功能、伺服控制功能以及电源功能等。图3-29是FANUC 0i-C系统主控单元框图。电源接口直接插接直流24V电源，图3-30是FANUC 0i-C系统主控单元的实物图，从

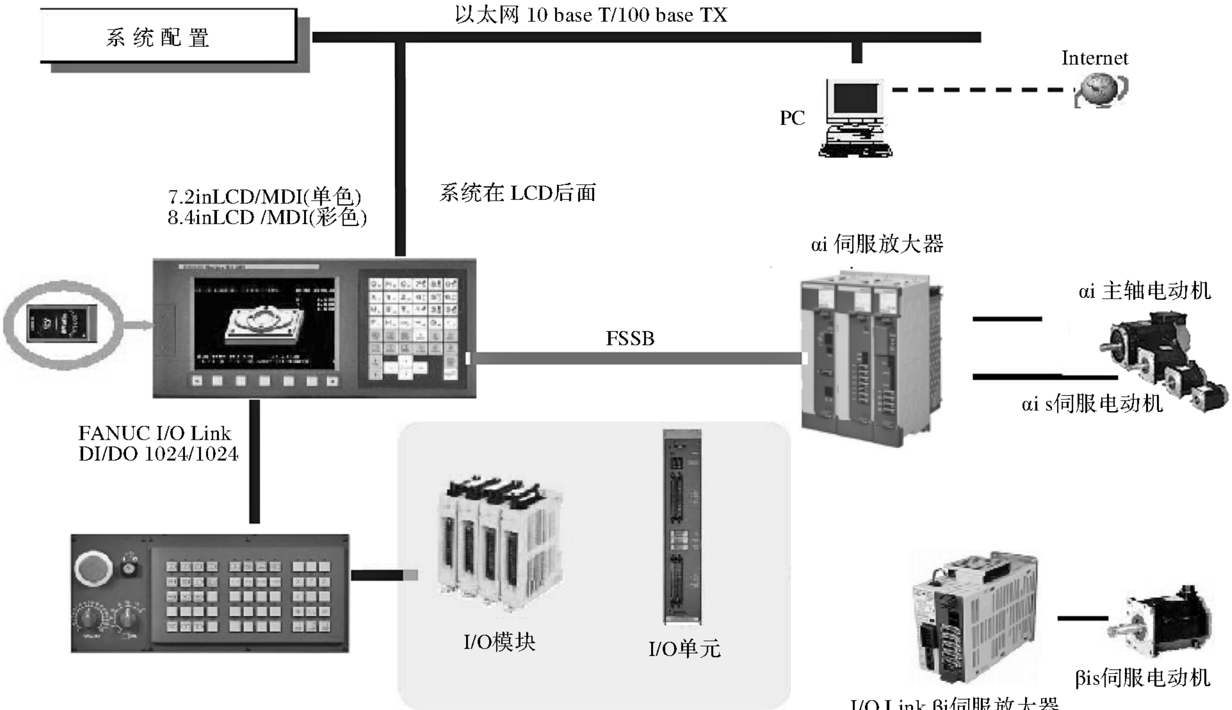


图 3-27 FANUC 0i-C 系统的基本配置示意图

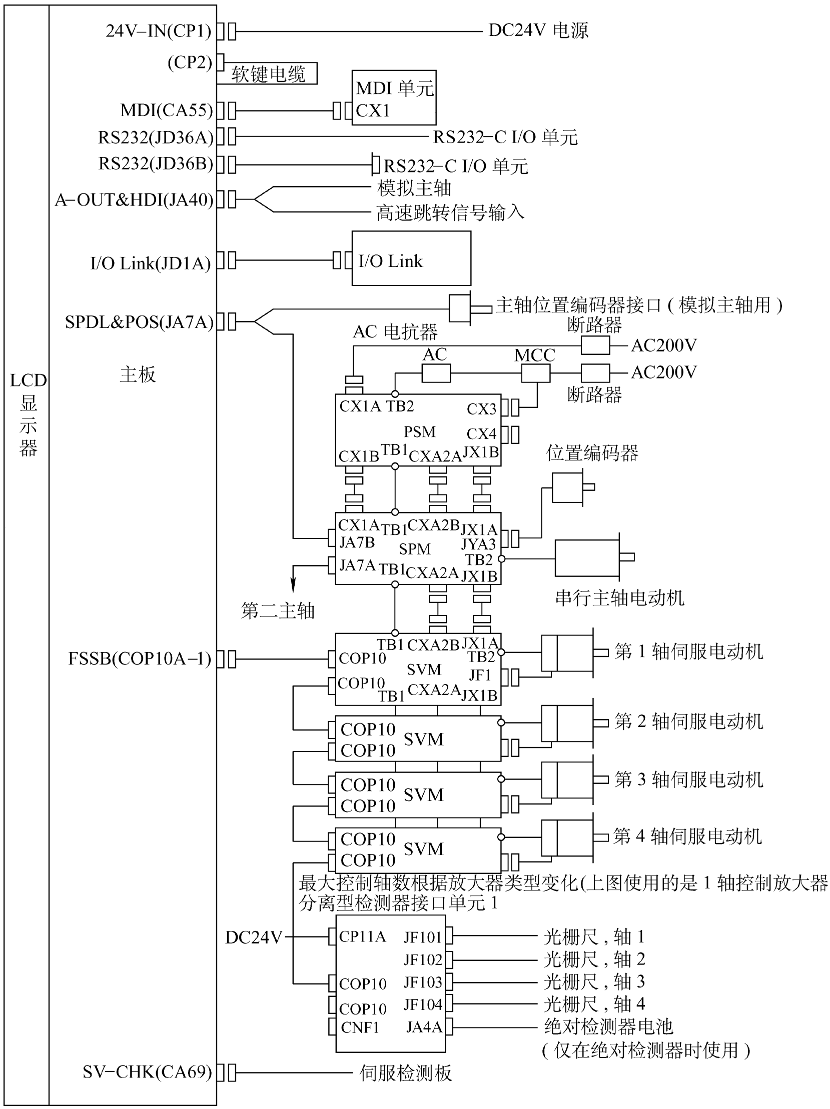


图 3-28　FANUC 0i-C 系统数控单元内部电缆连接示意图

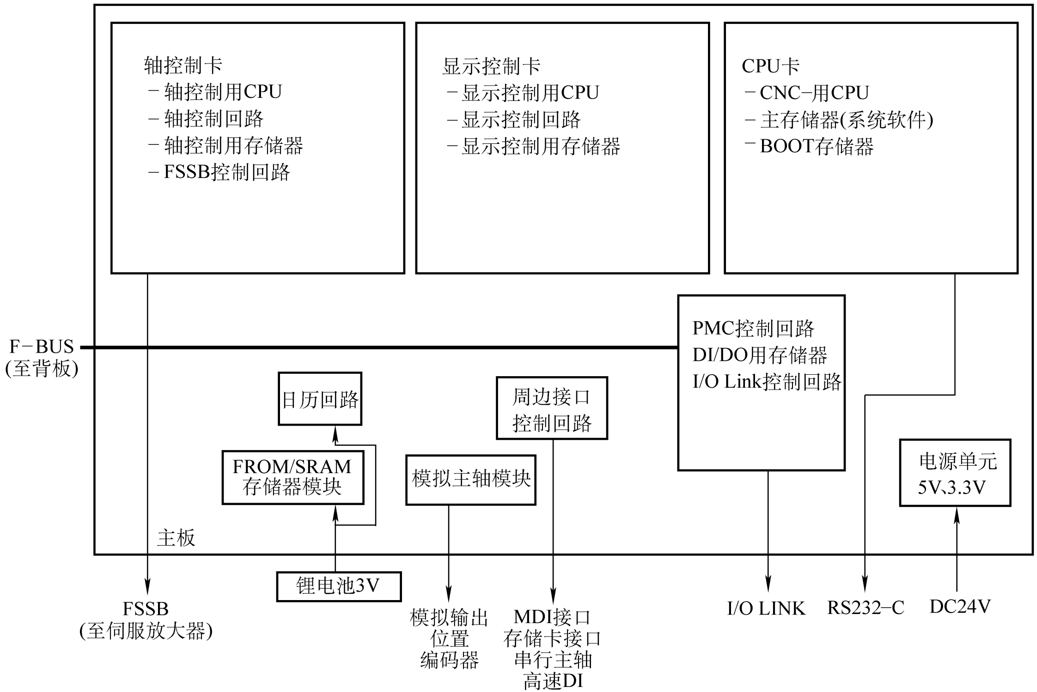


图 3-29　FANUC 0i-C 系统主控单元框图

图中可以看到电路板的结构——采用主板插接小槽功能控制板的结构。

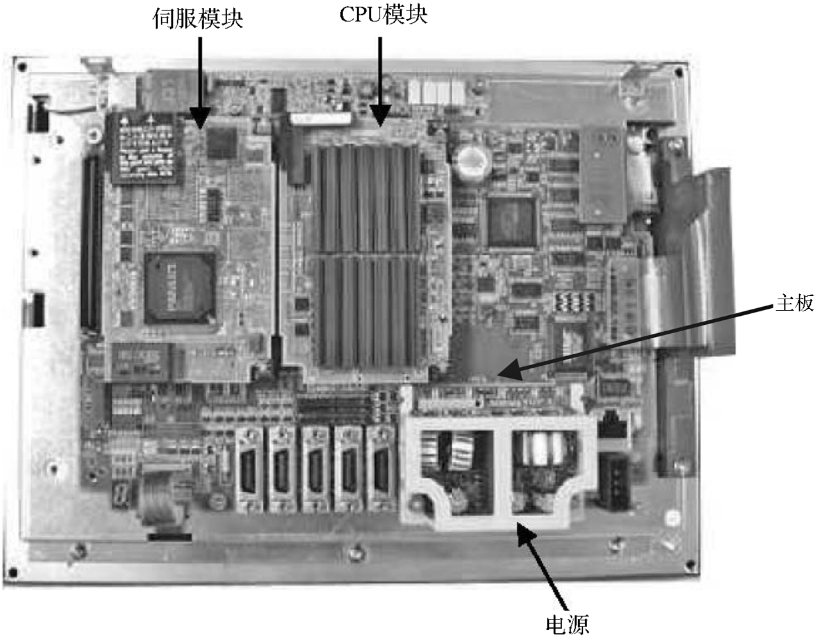


图 3-30　FANUC 0i-C 系统主控单元实物图

2. LCD 显示器与操作键盘

FANUC 0i-C 主控单元的正面是 LCD 液晶显示器、MDI 键盘与软键按键，如图 3-31 所示，用来对系统的状态进行显示和系统操作。



图 3-31　FANUC 0i-C 系统正面图片

另外在面板的左侧有一个存储卡，可以插接存储卡对系统数据进行存取。

3．PMC 接口模块

FANUC 0i-C 系统有多种 PMC 接口模块可供使用，下面介绍几种常用 PMC 接口模块。

（1）FANUC 0i-C 系统 I/O 接口模块　FANUC 0i-C I/O 模块是一种通用型、标准的机床数字量 I/O 连接模块，数控系统 I/O 接口经常使用这个模块。这个模块有四个数字量接口，可以连接 96 个输入信号和 64 个输出信号；一个手轮发生器接口，可以连接 3 个手轮；另外还有 8 个输入接口信号供报警检测用。图 3-32 是 FANUC 0i-C 系统的 I/O 模块实物图片。

（2）主操作面板 I/O 接口模块　主操作面板 I/O 接口模块直接安装在标准机床主操作面板的背面，不能单独使用。主操作面板 I/O 接口模块的接口布置如图 3-33 所示。

主操作面板 I/O 接口模块具有 128 个输入点和 64 个输出点，其中：

1）操作按钮和状态指示灯占用 64/64 点 I/O 接口。

2）手轮脉冲输入信号占用 24 点输入。

3）连接外部通用 I/O 信号 32/8 点。

4）8 点输入作为备用。

（3）通用操作面板 I/O 模块　通用操作面板 I/O 模块用于连接用户自制的



图 3-32　FANUC 0i-C 系统的 I/O 模块实物图片

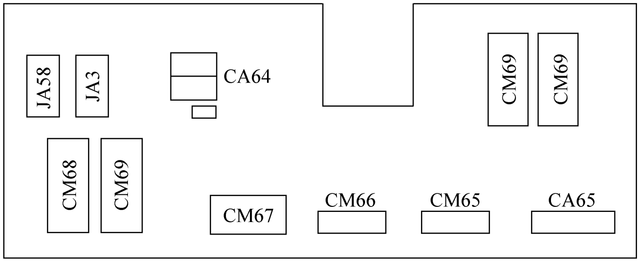


图 3-33　主操作面板的 I/O 接口模块示意图

各种机床操作面板，可以连接 3 个手轮，另外还有 48/32 点的 I/O 接口可以自由使用。通用操作面板 I/O 模块还有一种规格，区别只是不带手轮接口。图 3-34 是不带手轮接口的通用操作面板 I/O 模块实物图。

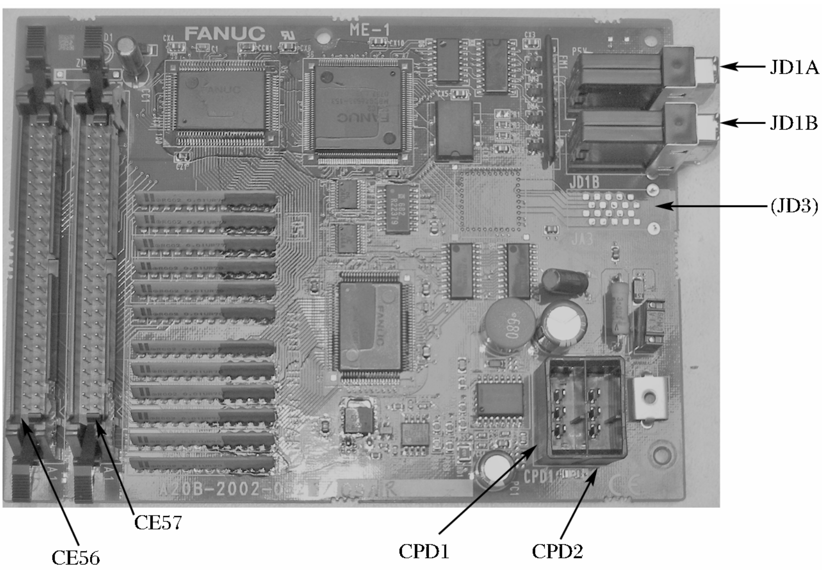


图 3-34　不带手轮接口的通用操作面板 I/O 模块实物图

通用操作面板 I/O 模块总计具有 80 个输入点和 64 个输出点，其中：

1）用于自由使用的 48/32 点 I/O 接口。

2）手轮脉冲输入使用 24 点输入。

3）8 点输入为报警检测用。

（4）分布式 I/O 模块　分布式 I/O 模块是 FANUC 公司一种通用的 I/O 接口设备，与其他 I/O 模块相比，具有 I/O 点数、I/O 规格可变，并具有模拟量输入/输出功能的优点。

分布式 I/O 模块是由带有 I/O Link 总线接口的基本模块与可选择的扩展模块组成，其结构和布置方式与模块化 PLC 类似，只是各扩展模块不是插接在总线板上，而是通过扁平电缆连接，如图 3-35 所示。控制模块最多可以连接 4 个，可以增加分布式 I/O 单元，增加 I/O 连接数量，一组分布式 I/O 模块与另一组分布式 I/O 模块也是通过 I/O Link 总线相连的。

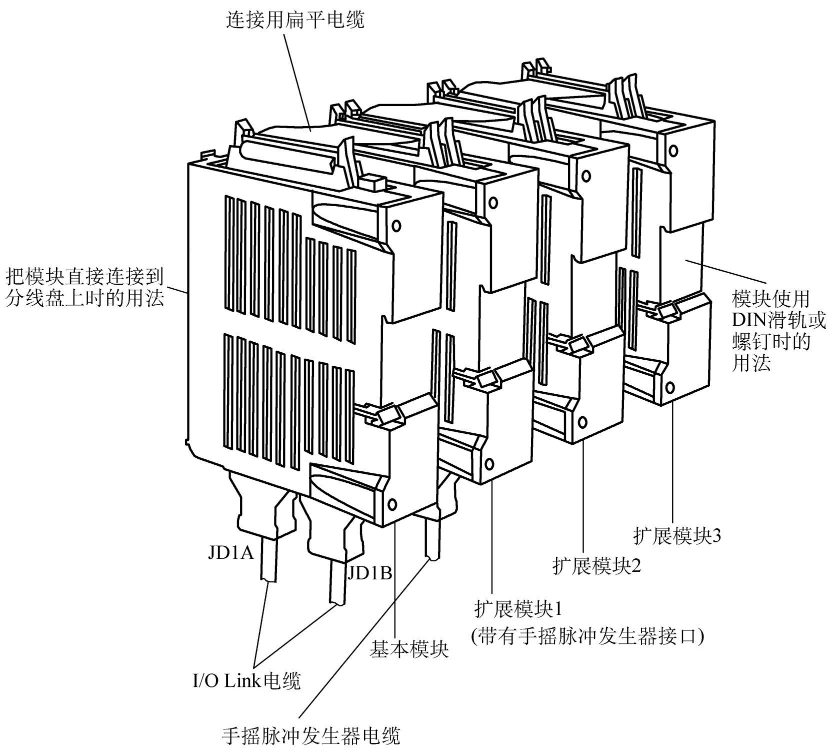


图 3-35　分布式 I/O 模块示意图

分布式 I/O 模块使用的模块有：开关量输入/输出信号模块、带手轮的开关量输入/输出信号模块以及模拟输入模块。

另外，I/O 模块还有小型主操作面板 I/O 模块、矩阵扫描输入操作面板 I/O 模块、模拟量输入/输出模块等，因为篇幅所限，不作详细介绍。

4. 伺服单元

FANUC 0i-C 系统通常使用 αi 或者 βi 系列伺服进给和主轴控制模块对机床进给和主轴进行控制。图 3-36 是 αi 系列伺服电源模块、主轴模块和进给模块的实物图。



图 3-36　αi 系列伺服电源模块、主轴模块和进给模块实物图

3.2.2　FANUC 0i-C 系统数据备份

1. FANUC 0i-C 系统的数据存储

FANUC 0i-C 系统的数据存储在下列两种存储器中：

1）F-ROM 存储器——FLASH-ROM（快闪存储器），作为数控系统的系统存储器，存储系统文件和机床制造商（MIT）文件。

2）SRAM 存储器——静态存储器，作为数控系统用户数据存储器，断电后需要后备电池保护，所以存储在 SRAM 存储器中的数据具有易失性，后备电池没电或者 SRM 损坏都可以使数据丢失。

2. FANUC 0i-C 系统的数据分类

FANUC 0i-C 系统数据文件分为：

1）系统文件——FANUC 公司提供的 NC 和伺服控制软件。

2）MTB 文件（机床制造商）——PMC 机床程序、机床厂编制的宏程序、加工程序等。

3）用户数据——系统参数、螺距误差补偿值、加工程序、宏程序、工件坐标系数据、PMC 参数等。

3. 数据文件的名称与标识

在引导系统中，快闪存储器的文件名以开头 4 个字母加以区别。当从存储卡读出的文件名与已经写入到快闪存储器的文件的头 4 个字符相同时，系统将删除已存在的文件后再将新文件读入快闪存储器中。表 3-4 为 FANUC 0i-C 系统数据文件的文件名及其内容。

表 3-4　FANUC 0i-C 系统数据文件的文件名及其内容

序号	文件名	内　　容	文件种类	备　　注
1	NC BASIC	Basic1	系统文件	基本系统文件
2	NC 2BASIC	Basic2		基本系统文件
3	DG SERVO	Servo		伺服数据文件
4	GRAPHIC	Graphic □		图形数据文件
5	NC□ OPIN	Optional □		选项数据文件
6	PS□ ＊＊＊＊	PMC control software，etc		MTB 梯形图文件
7	ETH2 EMB	Embedded ethernet		网络设定文件
8	PCD＊＊＊＊	P-CODE macro file/OMM	用户文件	宏程序文件
9	CEX＊＊＊＊	C-language executor		C 语言执行器文件
10	PMC-＊＊＊＊	Ladder software		PMC 软件版本
11	PMC@＊＊＊＊	Ladder software for the loader		附加软件

□：表示数字，＊：表示英文字母。

FANUC 0i-C 系统用户数据备份与恢复方法

1. 用户数据备份

FANUC 0i-C 系统数据备份步骤如下：

1）机床断电时，将储存卡插入储存卡插孔（位于 NC 单元的显示器左侧），如图 3-37 所示。



图 3-37　存储卡插入示意图

2）机床通电系统上电时，同时按住右边第一软键和扩展键▶，如图 3-38 所示，屏幕出现图 3-39 所示画面。

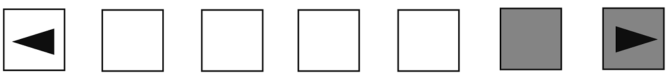


图 3-38　软键位置图



图 3-39　FANUC 0i-C 数据备份主菜单

3）使用 DOWN 下面的软键，将光标移动到第五项“5. SRAM DATA BACKUP”，按软键 SELECT 下面的软键，进入备份子菜单，如图 3-40 所示。

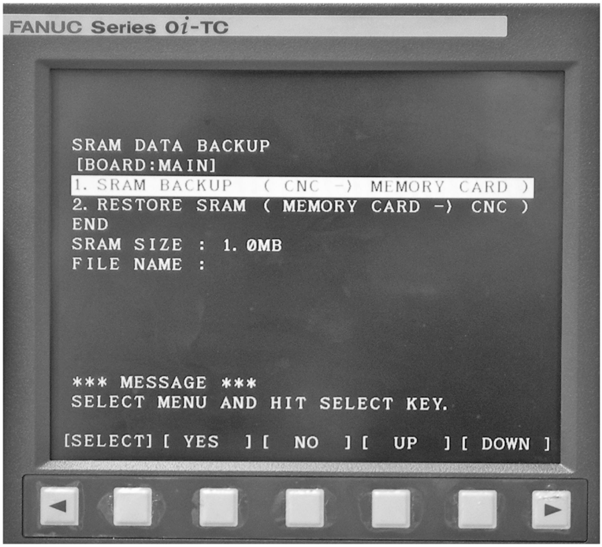


图 3-40　FANUC 0i-C 系统 SRAM 备份子菜单

4）按 SELECT 下面的软键，选择第一项“1. SRAM BACKUP（CNC→MEMORY CARD)”，出现图 3-41 所示画面，这时按 YES 下

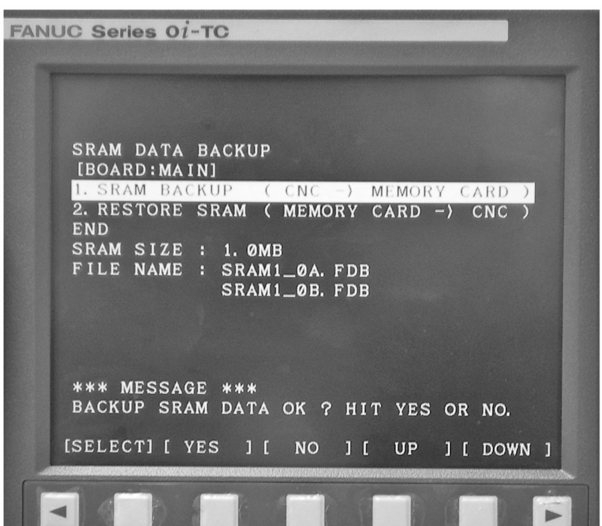


图 3-41　FANUC 0i-C 系统 SRAM 备份画面

面的软键，即可将 NC 系统的两个数据文件 SRAM1＿0A. FDB 和 SRAM1＿0B. FDB 储存到储存卡中。

2. 用户数据恢复

FANUC 0i-C 系列数控系统用户数据恢复步骤如下：

1）机床断电时，将储存卡插入储存卡插孔（位于 NC 单元的显示器右侧）。

2）机床通电、系统上电时，同时按住右边第一软键和扩展键▶，如图 3-38 所示，屏幕出现图 3-39 所示画面。

3）使用 DOWN 下面的软键将光标移动到第五项“5. SRAM DATA BACKUP”，按 SELECT 下面的软键，进入备份子菜单，如图 3-41 所示。

4）按 DOWN 下面的软键，选择第二项“2. RESTORE SRAM (MEMORY CARD→CNC)”（恢复 SRAM 区数据），出现图 3-42 所示画面；按 SELECT 下面的软键，屏幕出现信息“RESTORE SRAM DATA OK?”（恢复 SRAM 数据吗?）。

5）这时按 YES 下面的软键，即可将用户数据恢复到 NC 系统中。

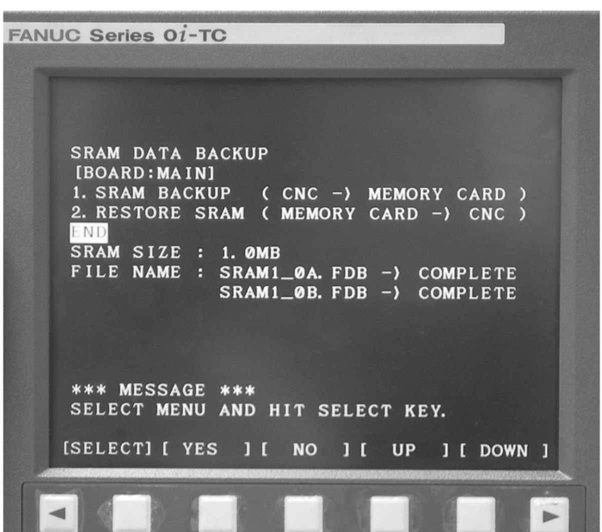


图 3-42　FANUC 0i-C 系统用户数据恢复画面

FANUC 0i-C 系统数据备份与恢复方法

1. 系统数据备份

1）在出现图 3-39 所示画面时，使用 DOWN 软键，将光标定位在“4. SYSTEM DATA SAVE”（系统数据存储）。

2）按 SELECT 下面的软键，进入图 3-43 所示画面。

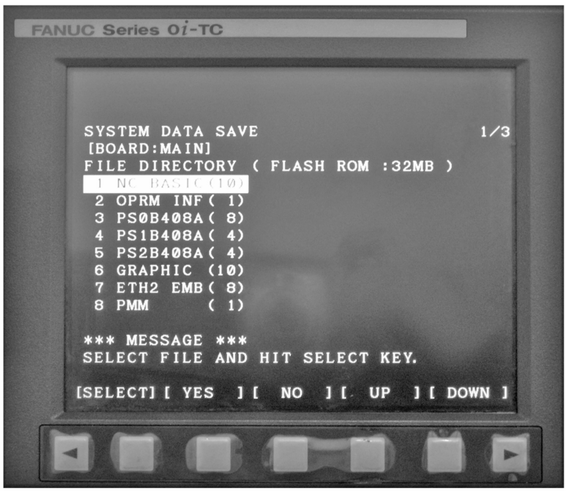


图 3-43　FANUC 0i-C 系统数据存储画面

3）使用 DOWN 下面的软键，将光标移动到需要备份的文件项目上。

4）按 SELECT 下面的软键，屏幕上出现信息“SAVE OK? HIT YES OR NO.”（备份吗？按 YES 或 NO）。

5）按 YES 下面的软键进行文件备份，屏幕上出现信息“WRITING FLASH ROM TO MEMORY CARD”（正在存储 F-ROM 的文件到存储卡中）和“SAVE FILE NAME：PMC-RA.000”（存储的文件名称：PMC-RA.000），或者是其他名称。

6）当备份完成时，显示“FILE SAVE COMPLETE. SELECT KEY”，文件备份完成，按 SELECT 下面的软键和“SAVE FILE NAME：PMC-RA.000”（存储的文件名称：PMC-RA.000），或者是其他名称。

7）进行其他文件备份。

2. 系统数据恢复

1）在出现图 3-39 所示画面时，使用 DOWN 下面的软键，将光标定位在“1. SYSTEM DATA LOADING”（系统数据装载）。

2）按 SELECT 下面的软键，显示存储卡中系统文件列表，一个画面只能显示 8 个文件，当存储卡的文件为 8 个以上时，余下的文件在下页显示，按▶或◀按键可以进行页面转换。

3）使用 DOWN 下面的软键，将光标移动到需要恢复的文件项目上。

4）按 SELECT 下面的软键，屏幕上出现信息“LOADING OK？HIT YES OR NO”（装载吗？按 YES 或 NO）。

5）按 YES 下面的软键进行文件恢复，屏幕上出现信息“LOADING FROM MEMORY CARD”（正从存储卡装载文件）。

6）文件恢复完成后，出现信息显示“LOADING COMPLETE. SELECT KEY”（文件恢复完成，按 SELECT 下面的软键），到上一级菜单。

3.2.3 FANUC 0i-C 系统的故障报警

采用 FANUC 0i-C 系统的数控机床出现的故障报警分为以下三类：

1. 硬件报警

在 FANUC 0i-C 系统 CPU 主控板上有两排二极管指示灯，每排 4 个二极管指示灯，指示主控板的工作状态和报警信息，指示灯排列如图 3-44 所示。

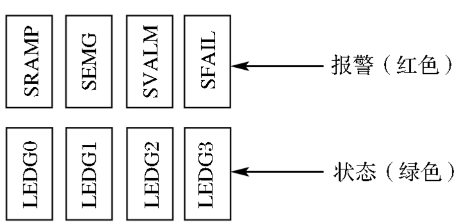


图 3-44　CPU 主控板状态与报警 LED 指示灯排列示意图

报警指示灯的含义见表 3-5。状态指示灯的含义见表 3-6。

表 3-5　FANUC 0i-C 系统 CPU 主控板二极管报警指示灯含义

序号	报　警　灯	报 警 含 义
1	SVALM	指示伺服系统报警
2	SEMG	指示系统内部硬件故障
3	SFAIL	指示内部软件故障 执行引导系统（BOOT）时亮
4	SRAMP	指示 RAM 奇偶校验出错或 SRAM ECC 错误

表 3-6　FANUC 0i-C 系统 CPU 主控板二极管状态指示灯含义

指示灯 LEDG0～LEDG3 的状态	指 示 含 义
□□□□	NC 电源未接通
■■■■	电源接通，执行引导系统操作
□■■■	NC 启动中
■□■■	CPU 配置（ID 设定）中
□□■■	CPU 配置完成，进行 CNC 网络总线初始化
■■□■	总线初始化完成
□■□■	PMC 初始化完成
■□□■	NC 硬件配置完成
□□□■	PMC 用户程序初始化完成
□■■□	伺服与串行主轴初始化
■■■□	伺服与串行主轴初始化完成
■□□□	全部初始化完成，CNC 已经进入正常工作状态

注：□表示 LED 不亮；■ 表示 LED 亮。

2. 系统报警

CNC 系统自身有故障诊断系统，当系统出现故障，CNC 检测出来后，在屏幕上产生报警指示，这些报警号都在 1000 号以下。表 3-7 是这些报警的分类表。

表 3-7　FANUC 0i-C 系统报警分类表

序号	报警代码	报警类别	说　　明
1	0～255 5000～5455	程序编辑错误报警	这些报警在加工程序编制或者运行时出现
2	300～349	脉冲编码器报警	绝对脉冲编码器（APC）报警
3	350～399	脉冲编码器报警	串行脉冲编码器（SPC）报警
4	400～499 600～699	伺服报警	这类报警出现时可检查诊断参数 720～727
5	500～599	超程报警	指示进给轴超软件限位
6	700～739	过热报警	指示系统或者主轴超温报警
7	749～799	主轴报警	指示主轴的一些故障报警
8	900～999	系统报警	指示系统的一些报警信息
9	7n01～7n98 9001～9122	串行主轴报警	指示串行主轴的报警信息
10	1000～1999	PMC 报警	机床厂家编制的关于机床的 PMC 报警
11	2000～2999	PMC 信息显示	机床厂家编制的关于机床的 PMC 显示信息

3．PMC 报警

FANUC 0i-C 系统通过运行 PMC 用户程序检查机床侧故障，出现故障后，在屏幕上显示报警号，并可以通过系统 MESSAGE 功能调用报警信息。

FANUC 0i-C 系统 PMC 报警分为机床报警和操作信息两大部分，它们是机床制造厂家根据机床实际情况编写的，用户 PMC 控制程序根据机床反馈信号进行自诊断。按照 FANUC 0i-C 系统的规定，机床故障的编号从 1000 到 1999，操作信息的编号从 2000 到 2999。原则上讲，出现机床报警时，数控系统立即进入进给暂停状态；而出现操作信息警示时，数控机床照常运行，仅对当前的操作给予说明。

3.2.4　FANUC 0i-C 系统的诊断数据

FANUC 0i-C 系统与其他 FANUC 数控系统一样也具有诊断数据，通过 SYSTEM 功能中 DGNOS（诊断）菜单可以调用这些数据。当机床出现故障时，调用这些数据，可以观察机床的一些状态，为确

诊机床故障提供依据。

下面介绍这些诊断数据。

1. 200～204 号串行脉冲编码器诊断数据

1）200 号诊断数据指示串行脉冲编码器的一些故障状态，200 号诊断数据的 8 位数据分布与符号见表 3-8。

表 3-8　200 号诊断数据的 8 位数据分布与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	OVL	LV	OVC	HCA	HVA	DCA	FBA	OFA

当信号状态为“1”时，每位的含义见表 3-9。

表 3-9　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN200 含义

位号	符号	含　　义
0	OFA	出现数据溢出故障
1	FBA	出现编码器断线故障
2	DCA	放电单元故障
3	HVA	出现过电压故障
4	HCA	出现电流异常故障
5	OVC	出现过电流故障
6	LV	出现电压不足故障
7	OVL	出现过载故障

2）201 号诊断数据有两位有效诊断数据，分别指示电动机或者放大器过热报警和编码器断线报警，具体指示含义见表 3-10。

表 3-10　201 号诊断数据与符号

<table>
<tr><td>位　　号</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>符　　号</td><td>ALD</td><td></td><td></td><td>EXP</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">过热报警</td><td>1</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td colspan="4">电动机过热</td></tr>
<tr><td>0</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td colspan="4">放大器过热</td></tr>
<tr><td rowspan="3">断线报警</td><td>1</td><td>—</td><td>—</td><td>0</td><td colspan="4">内装编码器断线（硬件）</td></tr>
<tr><td>1</td><td>—</td><td>—</td><td>1</td><td colspan="4">分离型编码器断线（硬件）</td></tr>
<tr><td>0</td><td>—</td><td>—</td><td>0</td><td colspan="4">脉冲编码器断线（软件）</td></tr>
</table>

3）202号诊断数据有7个诊断数据位，指示串行脉冲编码器的故障状态。诊断数据的各位定义符号见表3-11。

表3-11　202号诊断数据与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号		CSA	BLA	PHA	RCA	BZA	CKA	SPH

202号诊断数据各位故障指示含义见表3-12。

表3-12　FANUC 0i-C系统诊断数据DGN202含义

位号	符号	含　义
0	SPH	串行脉冲编码器或反馈电缆出现问题，反馈信号计数器有故障
1	CKA	串行脉冲编码器出现故障，内部时钟停止工作
2	BZA	电池脉冲的电压变为0
3	RCA	串行脉冲编码器出现故障，脉冲计数器有故障
4	PHA	串行脉冲编码器或反馈电缆出现异常，反馈信号计数器有故障
5	BLA	电池电压过低（警告）
6	CSA	串行脉冲编码器的硬件出现问题

4）203号诊断数据有4位诊断数据，可以指示编码器的通信故障，具体安排与符号见表3-13。

表3-13　203号诊断数据与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	DTE	CRC	STB	PRM				

诊断数据位的故障指示含义见表3-14。

表3-14　FANUC 0i-C系统诊断数据DGN203含义

位号	符号	含　义
4	PRM	数字伺服单元检测到报警，参数设定值不正确
5	STB	串行脉冲编码器通信故障，传送数据有问题
6	CRC	串行脉冲编码器通信故障，传送数据有问题
7	DTE	串行脉冲编码器通信故障，通信没有应答

5）204号诊断数据有4位有效故障诊断数据，具体安排与符号见表3-15。

表 3-15　204 号诊断数据与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	OFS	MCC	LDA	PMS				

这四位故障位的故障指示含义见表3-16。

表 3-16　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN204 含义

位号	符号	含　　义
7	OFS	A/D转换时产生异常电流
6	MCC	伺服放大器的接触器的触点粘合
5	LDA	串行脉冲编码器LED出现问题
4	PMS	串行脉冲编码器出现故障或反馈电缆出现问题

2．205、206号分离型串行编码器报警诊断数据

1）205号诊断数据有8位诊断数据，可以对分离型串行编码器的故障进行报警，8位数据安排与符号见表3-17。

表 3-17　205 号诊断数据与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	OHA	LDA	BLA	PHA	CMA	BZA	PMA	SPH

这8位数据的故障指示含义见表3-18。

表 3-18　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN205 含义

位号	符号	含　　义
0	SPH	分离型脉冲编码器出现软相位数据错误
1	PMA	分离型脉冲编码器脉冲出现问题
2	BZA	分离型脉冲编码器电池电压为0
3	CMA	分离型脉冲编码器计数出现问题
4	PHA	分离型光栅尺相位数据出现错误
5	BLA	分离型脉冲编码器电池电压过低
6	LDA	分离型脉冲编码器LED出现问题
7	OHA	分离型脉冲编码器过热

2）206 号诊断数据有 3 位诊断数据，主要对分离型串行编码器的通信故障进行报警，具体排列见表 3-19。

表 3-19　206 号诊断数据与符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	DTE	CRC	STB					

这 3 位诊断数据的故障指示含义见表 3-20。

表 3-20　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN206 含义

位号	符号	含　　义
5	STB	分离型脉冲编码器出现停止位错误
6	CRC	分离型脉冲编码器出现 CRC 错误
7	DTE	分离型脉冲编码器出现数据错误

3．280 号伺服参数异常诊断数据

280 号报警有 5 位报警信息指示，可以显示伺服参数异常情况，具体排列见表 3-21。

表 3-21　280 号伺服参数异常诊断符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号		AXS		DIR	PLS	PLC		MOT

这 5 位数据含义见表 3-22。

表 3-22　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN280 含义

位号	符号	含　　义
0	MOT	机床参数 No.2020 中电动机代码的数值设置了指定范围之外的数值
2	PLC	机床参数 No.2023 中设定的电动机每转速度反馈脉冲数小于等于 0
3	PLS	机床参数 No.2024 中设定的电动机每转位置反馈脉冲数小于等于 0
4	DIR	机床参数 No.2022 中设定的电动机旋转方向出现错误（设定了 111 或 −111之外的数值）
6	AXS	机床参数 No.1023（伺服轴号）中没有按“1～控制轴数”的范围进行设定（例如用 4 替代 3），或者设定了不连续的数值

4．进给轴位置、程序执行状态诊断数据

FANUC 0i-C 系统进给轴位置、程序执行状态诊断数据用来检查闭环位置控制系统与程序执行状态，具体诊断数据与含义见表 3-23。

表 3-23　FANUC 0i-C 系统进给轴位置、程序执行状态诊断数据

序号	诊断数据号	含　　义
1	DGN300	表示位置偏差量，用检测单位表示进给轴位置偏差量
2	DGN301	表示机械位置，以最小移动单位显示各进给轴与参考点的距离
3	DGN302	指示寻找参考点的偏移量，从减速挡块末端到第一栅格点的距离
4	DGN303	精加减速有效时的位置偏差
5	DGN304	进给轴参考计数器
6	DGN305	各轴 Z 相位置反馈数据
7	DGN308	伺服电动机温度
8	DGN309	位置编码器温度
9	DGN352	设定异常伺服参数的报警详情
10	DGN360	指示从系统开机开始，来自 CNC 的移动指令脉冲的总和
11	DGN361	指示从系统开机开始，来自 CNC 的补偿脉冲（反向间隙补偿、螺距补偿）的总和
12	DGN362	指示从系统开机开始，来自 CNC 的移动指令脉冲和补偿脉冲的总和
13	DGN363	指示从系统开机开始，伺服单元接收到脉冲编码器的位置反馈脉冲的总和
14	DGN380	显示余程的数值
15	DGN381	CNC 计算机械位置时，显示偏移量

5．310、311 号诊断数据

1）诊断数据 DGN310 有 7 位诊断数据，可以显示机床参数 No. 1815. 4（APZ）变为 0 的原因，其诊断数据位安排见表 3-24。

表 3-24　310 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号		DTH	ALP	NOF	BZ2	BZ1	PR2	PR1

这 7 位数据具体含义见表 3-25。

表 3-25　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN310 含义

位号	符号	含　　义
0	PR1	机床参数 No. 1821、No. 1850、No. 1860、No. 1861 发生了改变
1	PR2	机床参数 ATS（No. 8302. 1）发生了改变
2	BZ1	感应同步器 APC 电池电压为 0
3	BZ2	分离型位置检测装置 APC 电池电压为 0
4	NOF	感应同步器没有偏置量数据输出
5	ALP	α 脉冲编码器还没有旋转完整一圈时，试图用参数设置参考点
6	DTH	输入了控制轴脱离信号或参数

2）诊断数据 DGN311 有 7 位诊断数据，可以显示机床参数 No. 1815. 4（APZ）变为 0 的另外 7 个原因，其诊断数据位安排见表 3-26。

表 3-26　311 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号		DUA	XBZ	GSG	AL4	AL3	AL2	AL1

这 7 位数据具体报警含义见表 3-27。

表 3-27　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN311 含义

位号	符号	含　　义
0	AL1	出现 APC 报警
1	AL2	有断线故障
2	AL3	串行脉冲编码器 APC 电池电压为 0
3	AL4	检测到转数（RCAL）不正常（零点脉冲检测数量有问题）
4	GSG	G202 信号由“0”变为“1”
5	XBZ	分离型串行位置检测装置 APC 电池电压为 0
6	DUA	使用双位置反馈时，半闭环的误差和全闭环的误差的差值过大

6. FSSB 总线的状态诊断数据

1）320 号 FSSB 总线的内部状态诊断数据。诊断数据 320 显示 FSSB 总线的内部状态，共有 6 位诊断数据，具体排列见表 3-28。

表 3-28　320 号 FSSB 总线的内部状态诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	CFE			ERP	OPN	RDY	OPP	CLS

这 6 位数据显示的含义见表 3-29。

表 3-29　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN320 含义

位号	符号	含　　义
0	CLS	指示关断状态
1	OPP	表示执行 OPEN（开启）协议
2	RDY	指示开启并且准备好状态
3	OPN	表示开启状态
4	ERP	表示执行 ERROR（错误）协议
7	CFE	FSSB 配置错误

2）321 号 FSSB 总线故障诊断数据。诊断数据 321 的 8 位诊断数据指示 FSSB 总线的故障状态，其排列见表 3-30。

表 3-30　321 号 FSSB 总线的故障诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	XE3	XE2	XE1	XE0	ER3	ER2	ER1	ER0

这 8 位数据显示的具体含义见表 3-31。

表 3-31　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN321 含义

位号	符号	含　　义
0	ER0	信息错误
1	ER1	预留
2	ER2	指示主通道（PORT）断开
3	ER3	指示外部急停信号有效，表示 FSSB 出错是因为外部故障引起的从属报警
4	XE0	预留
5	XE1	指示从通道（PORT）断开
6	XE2	指示主通道（PORT）断开
7	XE3	指示外部急停信号有效

3）FSSB 总线连接状态数据。表 3-32 中诊断数据显示 FSSB 总线的连接状态，每个诊断位的具体含义见表 3-33。

表 3-32 330、332、334、336、338、340、342、344、346、348 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号					EXT	DUA	ST1	ST0

表 3-33 FANUC 0i-C 系统 FSSB 总线连接状态诊断数据含义

<table>
<tr><th>位号</th><th>符号</th><th colspan="7">含　义</th></tr>
<tr><td>0</td><td>ST0</td><td>0</td><td rowspan="2">伺服放大器</td><td>0</td><td rowspan="2">分离型检测接口</td><td>1</td><td>1</td><td rowspan="2">无意义</td></tr>
<tr><td>1</td><td>ST1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>DUA</td><td colspan="7">0：无从属站；1：有从属站</td></tr>
<tr><td>3</td><td>EXT</td><td colspan="7">0：双轴放大器第一轴无从属站；1：双轴放大器第一轴有从属站</td></tr>
</table>

4）FSSB 总线地址显示诊断数据。表 3-34 中的诊断数据可以显示 FSSB 总线设备的地址和连接设备，具体含义见表 3-35。

表 3-34 331、333、335、337、339、341、343、345、347、349 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号			DMA	TP1	TP0	HA2	HA1	HA0

表 3-35 FANUC 0i-C 系统 FSSB 总线设备等诊断数据含义

<table>
<tr><th>位号</th><th>符号</th><th colspan="7">含　义</th></tr>
<tr><td>0</td><td>HA0</td><td colspan="7" rowspan="3">用主 LSI 地址设定 DMA 的目的地址</td></tr>
<tr><td>1</td><td>HA1</td></tr>
<tr><td>2</td><td>HA2</td></tr>
<tr><td>3</td><td>TP0</td><td>0</td><td rowspan="2">伺服放大器</td><td>0</td><td rowspan="2">分离型检测接口</td><td>1</td><td>1</td><td rowspan="2">无意义</td></tr>
<tr><td>4</td><td>TP1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>5</td><td>DMA</td><td colspan="7">指示允许出现 DMA 的有效限定范围</td></tr>
</table>

7. 串行主轴诊断数据

1）400 号诊断数据。400 号诊断数据显示串行主轴的连接状态，

有 5 位数据（见表 3-36），具体含义见表 3-37。

表 3-36　400 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号				SAI	SS2	SSR	POS	SIC

表 3-37　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN400 含义

位号	符号	含　　义
0	SIC	0：没有安装串行主轴控制所用的模块；1：安装有串行主轴控制所用的模块
1	POS	0：没有安装模拟主轴控制所用的模块；1：安装有模拟主轴控制所用的模块
2	SSR	0：不使用串行主轴控制；1：使用串行主轴控制
3	SS2	0：串行主轴控制中不使用第二主轴；1：串行主轴控制中使用第二主轴
4	SAI	0：不使用模拟主轴控制；1：使用模拟主轴控制

2）408 号诊断数据。408 号诊断数据主要显示串行主轴的通信报警，共有表 3-38 所列 7 个诊断位，具体含义见表 3-39。

表 3-38　408 号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号	SSA		SCA	CME	CER	SNE	FRE	CRE

出现这些故障的同时会引发 749 号报警，故障原因为干扰、断线及电源瞬间出现问题。

表 3-39　FANUC 0i-C 系统诊断数据 DGN408 含义

位号	符号	含　　义
0	CRE	出现 CRC 错误报警
1	FRE	出现帧频错误报警
2	SNE	收、发信号出现错误
3	CER	接收信号时出现错误
4	CME	自动扫描时没有应答信号
5	SCA	主轴放大器出现通信报警
7	SSA	主轴放大器出现系统报警

3）409号诊断数据。409号诊断数据有4位诊断数据，其位定义与符号见表3-40，诊断数据各位含义见表3-41。

表3-40　409号诊断数据及符号

位号	7	6	5	4	3	2	1	0
符号					SPE	S2E	S1E	SHE

表3-41　FANUC 0i-C系统诊断数据DGN409含义

位号	符号	含　　义
0	SHE	0：CNC部分的串行通信模块正常；1：CNC部分的串行通信模块不正常
1	S1E	0：串行主轴控制中第一主轴起动正常；1：串行主轴控制中第一主轴起动不正常
2	S2E	0：串行主轴控制中第二主轴起动正常；1：串行主轴控制中第二主轴起动不正常
3	SPE	0：串行主轴的参数满足主轴电源的起动条件；1：串行主轴的参数不满足主轴电源的启动条件

4）串行主轴实时状态显示数据。FANUC 0i-C系统通过表3-42所列的诊断数据，可以观察显示串行主轴的一些实时状态。

表3-42　FANUC 0i-C系统串行主轴诊断数据含义

序号	诊断数据号	含　　义
1	DGN401	指示第一串行主轴处于报警状态
2	DGN402	指示第二串行主轴处于报警状态
3	DGN403	显示第一主轴电动机温度数值
4	DGN404	显示第二主轴电动机温度数值
5	DGN410	第一主轴的负载显示（显示单位%）
6	DGN411	第一主轴的速度显示（显示单位 min^{-1}）
7	DGN412	第二主轴的负载显示（显示单位%）
8	DGN413	第二主轴的速度显示（显示单位 min^{-1}）
9	DGN414	第一主轴同步控制中的位置偏差量

（续）

序号	诊断数据号	含　　义
10	DGN415	第二主轴同步控制中的位置偏差量
11	DGN416	第一主轴和第二主轴同步误差的绝对值
12	DGN417	第一主轴的位置编码器的反馈信息
13	DGN418	第一主轴位置环的位置偏差量
14	DGN419	第二主轴的位置编码器的反馈信息
15	DGN420	第二主轴位置环的位置偏差量
16	DGN425	第一主轴同步控制偏差（作为伺服轴同步方式时）
17	DGN426	第二主轴同步控制偏差（作为伺服轴同步方式时）
18	DGN445	第一主轴位置数据
19	DGN446	第二主轴位置数据

3.3　数控系统断电死机故障的维修

随着科学技术的发展，数控系统的可靠性越来越高，所以数控系统本身的故障率越来越低。但因为一些外界原因使数控系统断电死机的故障也时有发生。本节着重介绍数控系统自动断电、死机故障的处理。

3.3.1　数控系统断电死机的故障原因

数控系统断电死机一般有三种原因：

1）电源问题。有时因为供电电源电压过低，为防止系统误操作，系统自动关机；或者负载出现电源短路，为防止系统电源损坏，及时关闭系统。

2）温度问题。如果系统温度过高，为防止烧坏硬件，系统自动切断电源。

3）软件问题。由于系统后备电池没电，或者电磁干扰等原因使系统数据丢失或者混乱，开机没有显示，或者死机。出现这类故障，必须强行启动系统，如果数据丢失，必须重新装入数据后系统才能恢

复正常。

3.3.2 故障维修实例

例 1 一台数控车床在自动加工过程中有时系统自动关机。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床是一台从德国进口的双工位数控车床，每个工位采用一台西门子 810T 系统进行控制。这台机床的右手工位的数控系统在机床加工过程中经常自动断电关机，每次关机时，工件的加工位置也不尽相同，而系统重新启动后还可以正常工作。

故障分析与检查：根据故障现象首先怀疑系统的硬件有问题，将两套系统的控制板对换后，还是右面的系统出现问题。根据数控系统的工作原理，如果供电系统的 24V 直流电源电压过低，系统检测到后会自动关机。因此对系统的供电电压进行检查，两套数控系统公用一套直流电源，其电压有些偏低，接近 24V，而在数控系统上测量供电电压，左面的系统电压在 23V 左右，右面的系统电压却在 22V 左右。根据电气原理进行分析，由于整流电源在电气柜中，而数控系统在机床前面的操作位置，供电线路较长，产生了线路压降，而右面的供电线路更长，所以压降更大。实时检查右面系统的供电电压，发现在加工的过程中，由于机床的负载加大，电压还要向下波动，当系统自动断电后，电压又恢复到 22V 以上，因此怀疑是系统的供电电压过低引起系统工作不稳定。

故障处理：为了妥善解决这个问题，考虑到是供电线路压降造成供电电压过低，为此加大供电线路的线径，以减少线路压降，使右面系统的供电电压达到 23V 以上。这之后该台机床再也没有出现这个故障。

维修总结：这个故障的排除方法还是比较奇特的，外行来看，只是换了两个导线就解决了问题，比较神奇。其实打个比喻来讲，是把“国道”改变成“高速公路”，这样输送的电流障碍减少，电源供给能力提高，解决了电源自行下落的问题，从而排除了故障。

例 2 一台数控车床开机后屏幕没有显示。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在正常加工期间突然断电，按系统启动按钮，系统启动不了，面板上的指示灯一个也不亮。

故障分析与检查：观察系统的 CPU 板，其上的发光二极管在启动按钮按下时，闪一下就熄灭了。测量系统电源模块上 5V 电源的负载电压，在启动按钮按下瞬间，电压上升，然后马上下降至 0。因此首先怀疑系统电源模块有问题，但换上备用电源模块，故障依旧，说明电源模块没有问题，可能是其他模块使 5V 电源短路，电源模块通电检测到短路后，为避免损坏电源，立即关闭电源。

为此，首先拔下图形控制模块和接口模块，都没有解决问题，但拔下测量模块时，通电后系统正常上电，说明问题出在测量模块上。

为进一步确定故障，把测量模块的电缆插头拆下，之后重新将测量模块插回，再通电测试，系统正常上电，说明测量模块没问题。将电缆插头逐个插到测量模块上，当将 X121 插头插到测量模块上时，通电开机，系统又启动不起来了，说明问题肯定出在 X121 的连线上。根据系统接线图，X121 连接主轴脉冲编码器，对主轴编码器进行检查，发现其连接电缆破皮损坏，使电源线对地短路引起故障。

故障处理：对电缆进行防护处理，系统再通电启动，正常工作没有问题。

维修总结：通过这个故障的维修，可以有两点收获：

1）首先要注意观察，通过对系统 CPU 模块上的指示二极管在系统启动过程中“闪动”现象的捕捉，并进行分析是非常重要的。

2）对于短路故障先采取大范围排查，然后逐步缩小查找范围，最终确定故障点。

例 3　一台数控车床数控系统自动断电。

数控系统：FANUC 0TD 系统。

故障现象：该机床 NC 给电后，屏幕正常显示，但一按下机床准备按钮时，机床的数控系统即自动断电。

故障分析与检查：对数控系统进行检查，在自动断电后，电源模块上的红色报警灯亮。根据说明书对这个报警的解释，该灯亮指示电源输出有故障。系统电源模块为 NC 系统及 PMC 的输入和输出提供

电源，但断电检查电源并没有发现问题，而根据故障现象分析问题可能出在PMC输出的负载上，因为机床准备按钮按下后，PMC要有输出，如果输出回路有短路问题，马上就会使控制系统电源电压下降，数控系统检查到后，自动关机。根据机床控制原理图对输出回路逐个进行检查后，发现PMC一输出Y48.0控制的继电器的续流二极管短路，如图3-45所示。

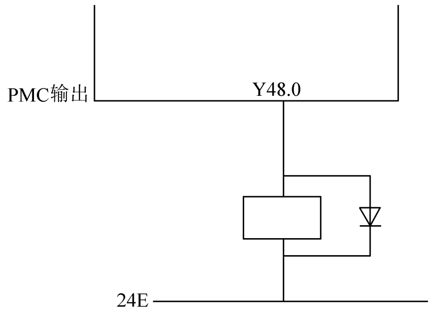


图3-45　PMC输出Y48.0的连接图

故障处理：将这个损坏的续流二极管更换后，机床恢复正常使用。

例4　一台数控车床工作中突然出现故障，系统断电关机。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：系统在工作中突然断电后，重新启动，系统启动不了。

故障分析与检查：检查发现24V电源自动开关断开，对负载回路进行检查发现对地短路，短路故障是比较难于发现故障点的。因为逐段检查非常繁琐，所以首先对图样进行分析，然后向操作人员询问故障是在什么情况下发生的。据操作人反映是在踩完脚踏开关之后机床就出现故障了，根据这一线索，首先检查脚踏开关，发现确实是脚踏开关对地短路。

故障处理：更换脚踏开关后，机床恢复了正常工作。

维修总结：在维修时，向操作人员了解故障是在什么情况下发生的非常重要，例如这个维修实例，了解了发生故障的过程，减小了检查范围，提高了维修效率。

例5　一台数控车床系统启动不了。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：系统启动后，屏幕没有显示。

故障分析与检查：在系统启动时观察系统的启动过程，在系统启动按钮按下后，系统电源上的红色报警灯亮，指示电源故障。因此首先怀疑系统电源模块有问题，利用互换法与另一台机床的系统电源模块互换，证明电源模块没有问题。该故障的第二种可能是负载有问题，将系统输入输出电缆全部拔掉，这时启动系统，正常显示，说明确实是负载问题。将输入输出电缆逐个插上，当插上 M1 时，系统就启动不了。检查 M1 电缆连接的 24V NC 电源线，确实对地短路。根据机床电气原理图进行检查，发现一个铁屑将机床与刀塔开关的电源端子连接了，造成短路。系统启动时，当检测到负载有短路问题时，立即采取保护措施，关闭电源，防止电源模块或者其他模块进一步损坏。

故障处理：将铁屑清除掉，并采取防护措施，这时重新开机，机床恢复正常工作。

例 6　一台数控车床数控系统经常自动断电关机。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床的数控系统在正常工作时经常自动关机，重新启动后还可以工作。

故障分析与检查：因为系统自动断电关机，屏幕上无法显示故障，检查硬件部分也没有报警灯指示，故根据经验首先怀疑数控系统的 24V 供电电源有问题。对供电电源进行实时监测，发现电压稳定在 24V，没有问题。接着对系统的硬件结构进行检查，这时发现系统的风扇冷却风入口的过滤网太脏，这是操作人员为防止灰尘进入系统而采取的过滤措施，由于长期没有更换，过滤网变脏后通风效果不好，恰好出问题时又是夏季，影响系统的冷却效果，使系统温度过高，这时系统自动检测出系统超温，采取保护措施将系统自动关闭。

故障处理：更换新的过滤网后，机床故障消失。

维修总结：数控机床操作人员的普遍特点是只注重使用，而不注重维护。在炎热季节，应该保证系统的散热处于良好状态，制冷或者冷却装置工作正常有效，定期清洁排风的过滤装置，这样才能

保障在高温环境下数控系统能够正常工作。

例 7 一台数控车床 X、Z 轴都不运动。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机返回参考点的过程不执行，手动移动 X、Z 轴也不动，除了“没有找到参考点”的故障显示外，没有其他报警。检查伺服使能条件也都满足，仔细观察屏幕发现，伺服轴的进给倍率设置为 0，但按进给倍率增大键，屏幕上的倍率数值不变化，一直为 0。关机再开也无济于事。

故障处理：为了将这个类似死机的状态清除，强行启动系统，使系统进入初始化状态，但不进行初始化操作，而是直接退出初始化菜单。这时按进给倍率增大键，进给速率开始变大，直至将进给速率增加到 100％，这时各轴操作正常。

例 8 一台数控车床开机后屏幕有显示但不能进行任何操作。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在机床起动时，系统自检后，直接进入自动操作状态，系统工作状态不能改变，也不能进行任何其他操作。

故障分析与检查：根据故障现象分析，系统可能陷入了死循环。

故障处理：为了退出死循环，对系统进行强行启动，进入初始化菜单，检查系统数据并没有丢失，所以没有进行初始化操作，退出初始化状态后，系统恢复正常工作。

例 9 一台数控车床开机之后屏幕没有显示。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在长期停用后开机启动时，屏幕没有显示。

故障分析与检查：因为这台机床长期停用，怀疑后备电池没有电，系统数据混乱。观察系统启动过程，面板上显示二极管正常显示，这时检查断电保护电池，确实已经没电，说明机床数据已丢失。

故障处理：首先更换电池，然后关机强行启动系统，系统进入初始化画面，但显示的都是德文。将系统初始化，输入机床数据和 PLC 程序后，机床恢复正常使用。

例 10 一台数控车床开机之后没有报警指示。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障分析与检查：因为系统开机后，正常启动，但没有报警指示，操作机床没有任何动作，因此怀疑系统 PLC 程序丢失。

故障处理：因为 PLC 程序固化在系统 UMS 存储器中，进入系统初始化菜单，重新装入 PLC 程序，退出初始化菜单，机床恢复正常功能。

例 11　一台数控车床开机后死机。

数控系统：FANUC 0TD 系统。

故障现象：开机之后屏幕不显示。

故障分析与检查：屏幕没有显示的可能原因有系统电源有问题、显示器问题或者系统死机等。为了排除系统供电电源的问题，首先检查数控装置的电源，电压正常，各个控制板上的显示灯正常没有问题，检查显示器也没有损坏，为此确认为系统死机。

故障处理：为了清除这种死机状态，强行启动系统，这时系统恢复正常工作，重新输入机床数据和程序后，该机床恢复了正常工作。

例 12　一台数控车床开机后屏幕没有显示。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在长期停用后，重新使用时，启动系统，屏幕没有显示。

故障分析与检查：检查启动过程和系统电源都没有问题，怀疑后备电池没电，系统数据丢失。在系统通电时，拆下电池进行检查，发现已经没电，说明确实是系统数据丢失。

故障处理：首先更换电池，然后强行启动系统，重新输入数据，机床恢复正常使用。

例 13　一台数控车床开机屏幕没有显示。

数控系统：西门子 805 系统。

故障现象：开机后屏幕没有显示。

故障分析与检查：因为这台机床是在早晨开机时出现这个故障的，所以首先检查显示器，没有发现问题，电源供电也正常，因此怀疑可能是系统因为死机而启动不了。

故障处理：为了消除这种死机的故障，首先应使系统进入初始化菜单，对系统进行复位。西门子 805 系统在主机控制板的左下角有一

个16档设定开关，0位置是系统正常工作方式，2位置是初始化调整方式。在机床断电的情况下，将这个开关从0位置拨到2位置，系统通电显示正常，进入了初始化菜单，然后系统断电，将设定开关拨回0位，系统重新通电，进入正常工作画面，机床恢复了正常工作。

例14　一台数控车床开机后屏幕没有显示。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台数控机床起动后，数控系统屏幕没有显示。

故障分析与检查：在系统启动后，检查数控装置，发现所有的指示灯都不亮，包括数控装置电源模块上的指示灯PIL。检查其上的所有熔丝，都正常没有损坏，检查其输入电源也正常没有问题，那么肯定是电源模块出现了问题。

故障处理：更换系统电源后机床恢复正常使用。

例15　一台数控车床无法起动。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：启动系统时，出检测画面，但不往下运行。

故障分析与检查：这种现象似乎是受干扰使系统死机，为此首先对电器柜进行检查，发现接触器MCC其中一个触点上的电源线电缆接头烧断，接触不良。系统通电后，MCC吸合时可能由于接触问题产生电磁信号，使系统死机。

故障处理：将MCC的电源线重新连接好后，机床恢复正常工作。

例16　一台数控车床出现NOT READY报警。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床在开机后和加工过程中有时出现NOT READY报警。出现报警后，有时关机，过一会儿重开，故障又消失了。

故障分析与检查：在出现故障时检查数控装置，发现底板上L4灯和伺服轴模块上的报警灯亮，指示伺服模块有问题，当将这台机床的伺服模块与另一台机床的伺服模块对换后，这台机床的故障依旧，说明伺服模块没有问题。因为故障指示与伺服系统有关，更换伺服单元也没能排除故障。最后根据故障现象进行分析，由于故障

是时而发生，不是一开机就出现报警，所以认为故障可能与控制板接触有关。

故障处理：逐个将控制模块拆下，清洗后重新插接安装。当拆下存储器模块清洗并重新安装上后，开机测试，故障再也没有发生，说明是存储器模块的插接出现问题。

例 17　一台数控车床出现报警 2001 “PLC has not started up” (PLC 没有启动)。

数控系统：西门子 840D 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在启动时出现 2001 号报警，系统不能工作。

故障分析与检查：西门子 840D 系统的 2001 号报警指示 PLC 没有启动。反复开关数控机床（注意：关机 1min 后才能重新开机），故障现象相同，MMC 启动后，出现 2001 号报警，系统死机。说明 MMC 系统工作正常，问题应该出在 NCU 系统上。

在出现故障时对系统进行检查，发现 MCP 上所有按键指示灯闪烁。NCU 模块上右面指示灯 PS 红灯闪亮，PF 红灯常亮。

根据这些现象分析，怀疑 NCK 的数据丢失或者混乱造成 PLC 不能启动。

故障处理：对 NCU 的 NC 和 PLC 进行初始化，然后下载系列备份的数据和程序，这时关机，1min 后重新启动机床，系统恢复正常运行。

例 18　一台数控车床在工作时经常自动关机。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在工作时经常自动关机，重新启动还可以工作。

故障分析与检查：观察系统的电源模块，发现电源指示灯闪动时，系统就关机，对电源模块输入 220V 电源进行检测，发现电压波动不稳定。根据电路原理图进行检查，发现从 380/220V 电源电压转换变压器输出的电压有波动，不稳定。

故障处理：将变压器箱拆开进行检查，发现变压器一相输出端子松动，接触不良，重新连接后，机床恢复正常工作。

例 19 一台数控车床系统启动不了。

数控系统： 西门子 840C 系统。

故障现象： 这台机床开机出现警示“Hard drive controller diagnostics error”（硬盘控制器诊断错误），之后死机，不能进行任何操作。

故障分析与检查： 因为机床通电启动后，每次都是在系统装入数据时出现报警的，而且出现报警后不能进行任何操作，所以认为是系统硬盘有问题，不能将数据装入 NC。系统硬盘安装在 MMC 板上，将 MMC 板安装到另一台机床，也出现这个故障，说明确实是硬盘损坏。

故障处理： 更换硬盘，写入数据文件后，机床恢复正常工作。

例 20 一台数控车床系统启动不了。

数控系统： 西门子 840D 系统。

故障现象： 这台机床在早晨开机时，MMC103 系统引导失败，屏幕提示没有找到硬盘，多次重启无效。

故障分析与检查： 根据以往经验，MMC103 受潮时也会出现上述现象，一般用 1500W 左右的吹风机在其启动时对着 CPU 散热风扇处烘吹 2～3min 后，可以成功引导。这次因为机床停电一天，又赶上天气潮湿，怀疑 MMC103 又是受潮了，但这回经多次试验都不行。

考虑屏幕的提示，怀疑硬盘损坏。为此，不得已将硬盘从 MMC103 系统上拆下，通过移动硬盘盒将其插接到一台台式机上运行，发现系统有时能引导成功，有时却不能，轻摇硬盘有异常“嘎嗒”声，确认硬盘受损。

故障处理： 更换硬盘，使用 GHOST 软件将系统硬盘备份还原到新找到的硬盘上，再安装到 MMC103 系统上，开机测试，系统启动正常，机床恢复运行。

维修总结：对于采用硬盘的数控系统，应该对系统硬盘进行 GHOST 备份，以便在硬盘出现故障时快速恢复系统，因为硬盘在现场条件下容易损坏。

3.4 数控系统数据丢失的故障处理

3.4.1 西门子 810T 系统数据丢失的处理

西门子 810T 系统采用可设定机床数据来适应不同种类的机床，这些数据存储在 RAM 存储器中。另外，PLC 数据、报警文本 PLC 程序等也存储在 RAM 中。

表 3-43 是西门子 810T 系统所有需要、传输的数据和程序列表，应该对这些文件事先进行电子备份。

表 3-43 西门子 810T 系统所有需要、传输的数据和程序

分类	名 称	传输识别符	简要说明	所在的存储器	编 制 者
Ⅰ	NC 机床数据	%TEA1	数控系统的 NC 部分与机床适配所需设置的各方面数据	16KB RAM 数据存储器子模块	机床生产厂家的设计者
	PLC 机床数据	%TEA2	系统的集成式 PLC 在使用时需要设置的数据		
	PLC 用户程序	%PCP	用 STEP5 语言编制的 PLC 逻辑控制程序块和报警程序块，处理数控系统与机床的接口和电气控制		
	报警文本	%PCA	结合 PLC 用户程序设置的 PLC 报警（N6000～N6063）和 PLC 操作提示（N7000～N7063）的显示文本		
	系统设定数据	%SEA	进给轴的工作区域范围、主轴限速、串行接口的数据设定等		

（续）

分类	名　　称	传输识别符	简要说明	所在的存储器	编 制 者
Ⅱ	工件主程序	%MPF	工件加工主程序%0～%9999	工件程序存储器	机床设计者或者机床用户的编程人员
	工件子程序	%SPF	工件加工子程序 L1～L999		
	刀补参数	%TOA	刀具补偿参数（含刀具几何值和刀具磨损值）		
	零点补偿	%ZOA	可设定零偏 G54～G57，可补偿零偏 G58、G59 及外部零偏（由 PLC 传送）		
Ⅲ	PLC 用户程序	. S5D	使用 STEP5 软件传输的 PLC，不能使用 PCIN 传输		

当系统后备电池无电或者拆下 CPU 模块时，系统数据丢失，再通电开机系统启动不了，必须重装数据后，机床才能恢复正常工作。下面结合实例介绍西门子 810T 系统恢复方法。同样也适用于西门子 810T/M 系列其他系统。

例　数控车床开机出现黑屏。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在停用一段时间后，开机时系统没有显示。

故障分析与检查：观察系统的启动过程，发现面板上的报警灯亮，显示系统报警，因此怀疑系统数据丢失。为此首先对系统进行强行启动。

西门子 810T/M 系统强行启动方法如下：

重新启动系统，同时按住面板上的诊断“眼睛”按键，这时如果系统是因为软件问题引起的死机或黑屏，系统就会进入初始化画面。

对这台机床进行强行启动，系统进入初始化画面，但显示是德

文，说明确实是系统数据丢失，需要重装。此时屏幕显示 1 号报警，指示系统后备电池电量不足。

对系统后备电池进行检查，发现电压有些偏低。

故障处理：首先更换系统后备电池，然后进行系统数据恢复。

西门子 810T 系统恢复方法：

系统数据丢失后要恢复系统，首先应该使系统初始化，然后装载机床数据，具体操作步骤如下：

1. 系统初始化

将机床数据 MD250 更改为“1”（将屏幕显示设置为英文），这时关机。重新开机，同时按“眼睛”按键，系统重新启动进入初始化菜单，并显示英文，便于操作。

在图 3-46 所示的初始化菜单对系统进行初始化。

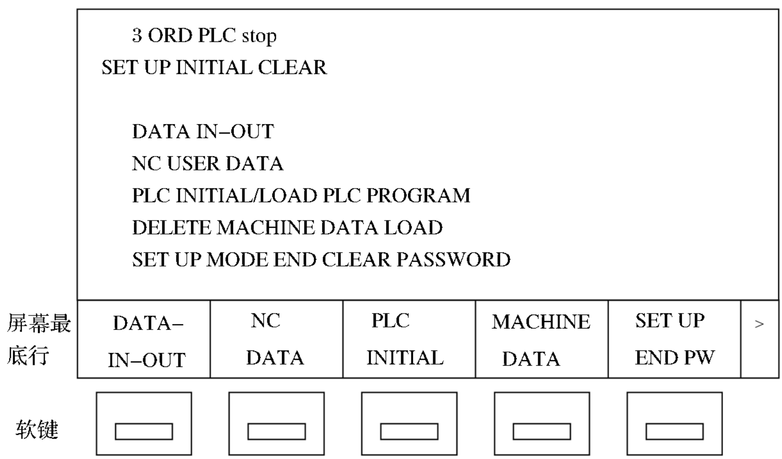


图 3-46 系统初始化菜单

系统初始化菜单有如下主要功能：

1）数据输入输出（通过通信口）。

2）NC 数据初始化。

3）PLC 初始化。

4）机床数据初始化。

5）按右侧第一个软键退出初始化操作，并使密码失效。

NC 数据初始化、PLC 数据初始化和机床数据初始化这三种功能对系统不同类型的数据进行格式化，使用时一定要注意，格式化后，系统的用户数据将丢失，必须重新装入用户数据机床才能工作。

为了重新安装系统，必须首先对系统进行初始化，初始化步骤如下：

（1）NC 存储器格式化

在系统初始化菜单中，按 NC DATA 下面的软键，系统进入 NC 存储器格式化菜单，如图 3-47 所示。

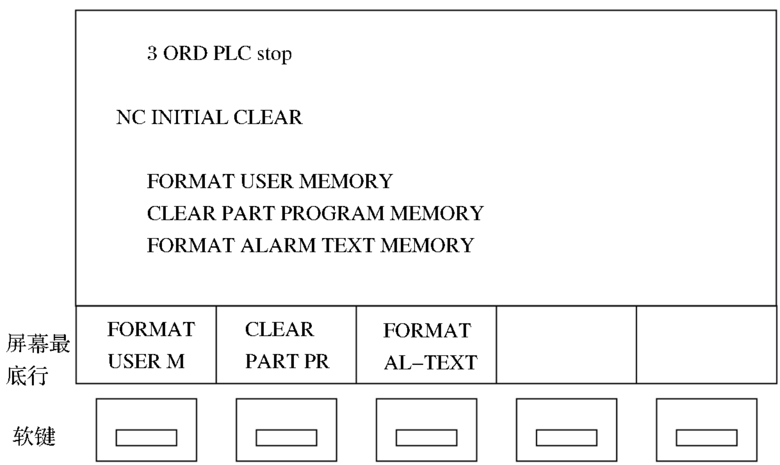


图 3-47　NC 存储器格式化菜单

NC 存储器格式化操作对三方面内容进行格式化，其一对用户存储区格式化；其二对工件存储区格式化，即清除工件程序存储器；其三格式化报警文本。

按屏幕下方的软键，在屏幕上相对应的项目前面就会打上“√”，表示该功能已完成。

1）用户存储区格式化。按 FORMAT USER M（格式化用户存储器）下面的软键，则清除刀具偏置、设定数据、输入缓冲区数据、R 参数和零偏。

2）清除工件程序。按 CLEAR PART PR（清除工件程序存储器）下面的软键，NC 工件程序存储器被清零。

3）格式化报警文本。按 FORMAT AL-TEXT（格式化报警文本）下面的软键，如果 NC MD5012 BIT7 被设置为“1”，则存储器被格式化，PLC 报警文本被清除。

按软键左侧的“∧”键，返回系统初始化菜单。

（2）PLC 初始化

在系统初始化菜单中，按 PLC INITIAL（PLC 初始化）下面的软键，进入 PLC 初始化菜单，屏幕显示如图 3-48 所示。

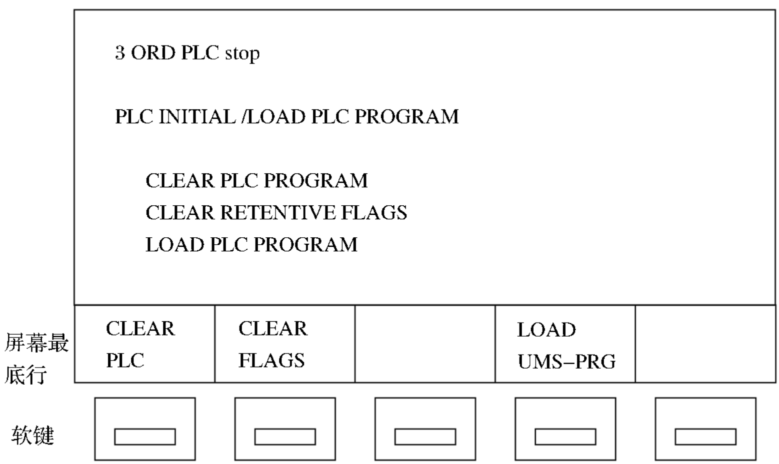


图 3-48　PLC 初始化菜单

在 PLC 初始化菜单中，可以进行三种操作，其一清除 PLC；其二清除 PLC 标志；其三从 UMS 装载 PLC 程序。

按屏幕下方的软键，屏幕上相应项目的前面就会打上“√”，表示该功能已完成。

1）清除 PLC。按 CLEAR PLC（清除 PLC）下面的软键，将清除 PLC 用户程序、输入输出接口映像、NC/PLC 接口、定时器、计数器和数据块。

2）清除 PLC 标志。按 CLEAR FLAGS（清除标志）下面的软键，将 PLC 的断电保护标志位全部清零。

3）从 UMS 装载 PLC 程序。如果 PLC 用户程序保存在 UMS，在上面两项工作完成后，按 LOAD UMS-PRG（装入 UMS 程序）下面的软键，可将 PLC 用户程序从 UMS 装入系统。

按软键左侧的“∧”键，返回系统初始化菜单。

（3）机床数据格式化

在系统初始化菜单中，按 MACH DATA（机床数据）下面的软键后，进入机床数据格式化菜单，屏幕显示如图 3-49 所示。

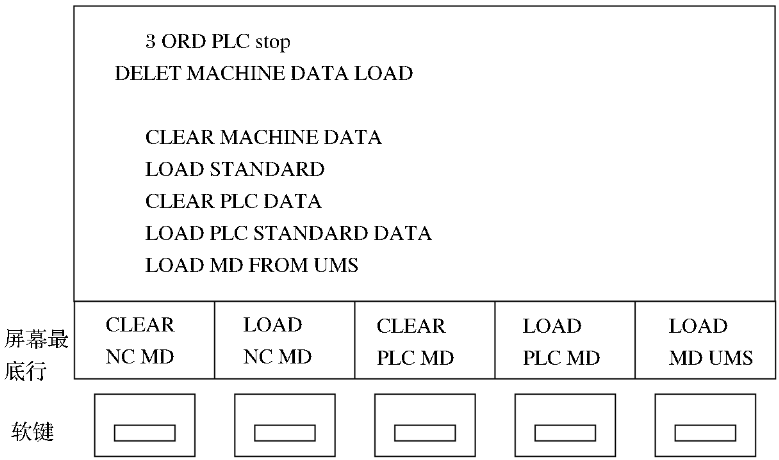


图 3-49　机床数据格式化菜单

按屏幕下方的软键后，屏幕上相对应的项目就会在前面打上“√”，表示这个功能已执行。

机床数据格式化菜单具有五种功能，具体操作如下：

1）清除 NC 机床数据。按 CLEAR NC MD（清除 NC 数据）下面的软键，将 NC 机床数据清除。

2）装入标准 NC 数据。按 LOAD NC MD（装入 NC 数据）下面的软键，将 NC 的标准机床数据装入。

3）清除 PLC 机床数据。按 CLEAR PLC MD（清除 PLC 数据）下面的软键，将 PLC 机床数据清除。

4）装入 PLC 标准机床数据。按 LOAD PLC MD（装入 PLC 数据）下面的软键，将 PLC 的标准机床数据装入。

5）从 UMS 装入机床数据。如果用户数据储存在 UMS 存储器内，上面几项操作完成后，按 LOAD MD UMS（装入 UMS 数据）下面的按键，把用户数据装入系统存储器。

按软键左侧的“∧”键，返回系统初始化菜单。

在系统初始化菜单中，按 SET UP END PW 下面的软键，退出初始化菜单。

2. 装入系统数据

（1）设定通信设定数据

在图 3-46 所示的初始化菜单中，按“DTAD IN-OUT”（数据输入、输出）下面的软键，进入数据输入、输出数据设置菜单，将通信数据设置成图 3-50 所示数据。

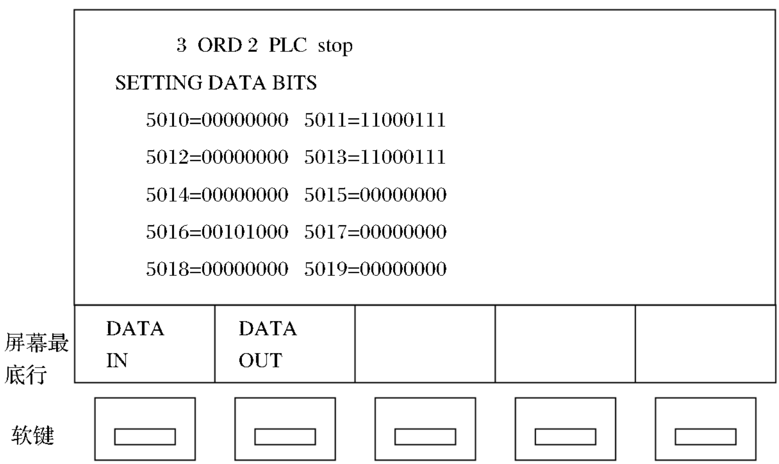


图 3-50 数据输入输出功能显示

（2）连接通信电缆

把通信电缆一头插到系统集成面板上的通信接口上，另一头插到计算机 COM1 口上。

（3）启动 PCIN 软件

在计算机一侧启动 PCIN 软件，设置通信参数如下：

COM NUMBER 1

BAURATE：9600（波特率）

PARITY：EVEN（奇偶校验：偶校验）

2：STOPBIT（停止位）

7：DATABIT（数据位）

BINFILE：OFF

（4）数据传入系统

在图 3-50 所示的菜单中，按 DATA IN 软键，屏幕显示如图3-51 所示。

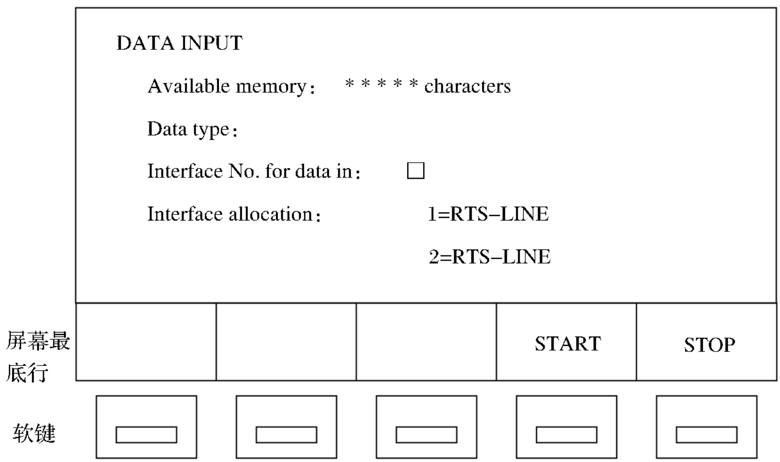


图 3-51　数据输入菜单画面

把光标移动到屏幕上的输入方框中，输入数字 1，即选择接口 1 作为通信接口。按 START（启动）键后，在屏幕的右上角显示 DIO，等待数据输入。

在计算机侧 PCIN 软件中，在 DATA OUT 输出菜单下选择要传输的文件名，启动传输，将机床 NC 数据、PLC 数据、PLC 报警文本、设定数据、PLC 用户程序（用 PCIN 作备份的文件）可完成 NC 系统数据输入工作。

其他文件如加工主程序、子程序、零点补偿数据、R 参数可在正常操作页面的 DATA IN-OUT 菜单下进行。

3. PLC 用户程序重装

使用 STEP5 编程软件作 PLC 用户程序的备份，必须用 STEP5

软件装回，传输步骤如下：

1）把通信电缆在系统和计算机（串行口 COM1）之间进行连接。

2）西门子 810G 系统的接口设置成 PLC 接口，在系统 SETTING DATA 菜单下，将通信口数据设置如下，为 PLC 方式：

5010＝00000100　　5011＝11000111

5012＝00000000　　5013＝11000111

5014＝00000000　　5015＝00000000

5016＝00000000　　5017＝00000000

3）按系统 DATA IN-OUT 下面的软键，系统显示如图 3-52 所示。

把光标移动到方格位置，然后输入“1”，把输入输出接口设置成 1 号接口。

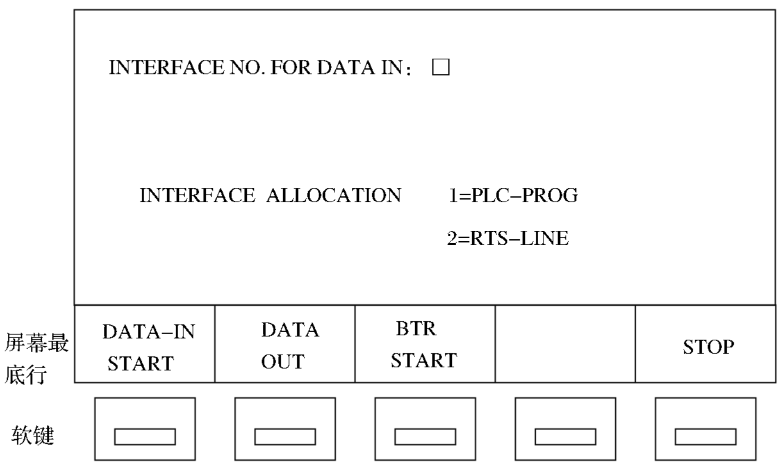


图 3-52　PLC 接口设定画面

4）按 DATA-IN START 下面的软键，在屏幕的右上角出现字符“DIO”的显示，指示 NC 系统 PLC 接口已开。

5）在计算机或者编程器一侧启动 STEP 5 编程软件，把工作方式设置成“ON-LINE”，这时操作 STEP 5 编程软件传输功能就可以把 PLC 程序传入 NC 系统。

执行完这些操作后，关机数分钟，然后重新启动系统，机床就可以正常工作了。

西门子 810T/M 系统数据、文件备份方法：

为了防止系统由于后备电池没电或者模块损坏造成的系统数据丢失，必须对用户数据进行备份。备份方法之一就是把数据从数控系统中传入计算机，之后作为电子文件进行保存，出现问题后，用计算机再把备份文件传回。

西门子 810T/M 系统报警文本和 PLC 程序的向外传输，只能在系统初始化菜单中进行，另外在初始化菜单中还可以传输机床数据、设定数据和 PLC 数据。在通电之前把通信电缆一头插到系统集成面板上的通信接口上，另一头插到计算机 COM1 口上。数控系统通电同时按住面板上的诊断“眼睛” ，或者系统带电时，按这个按键，之后输入密码，使系统进入初始化菜单，按 DATA IN-OUT 下面的软键，在屏幕上出现设定数据画面如图 3-50 所示。

通常把通信设定数据设定成图 3-50 所示的数据，即把通信口 1 设置成数据通信口。

在计算机一侧启动 PCIN 软件，设置通信参数如下：

COM NUMBER 1

BAURATE：9600（波特率）

PARITY：EVEN（奇偶校验：偶校验）

2：STOPBIT（停止位）

7：DATABIT（数据位）

BINFILE：OFF

然后按 NC 系统集成面板上 DATA OUT 下面的软键，进入数据输出菜单，屏幕显示如图 3-53 所示。

屏幕 INTERFACE NO. FOR DATA OUT 右侧的方框中输入数字“1”，即选择通信口 1。

在计算机侧 PCIN 软件的 DATA-IN（数据输入）菜单下，输入相应的文件名，在 NC 侧按相应的软键，即可把机床数据（NC-MD）、PLC 数据（PLC-MD）、PLC 程序（PLC-PRG）、逐一传入计算机。如果有 UMS 数据，也可传回计算机保存。

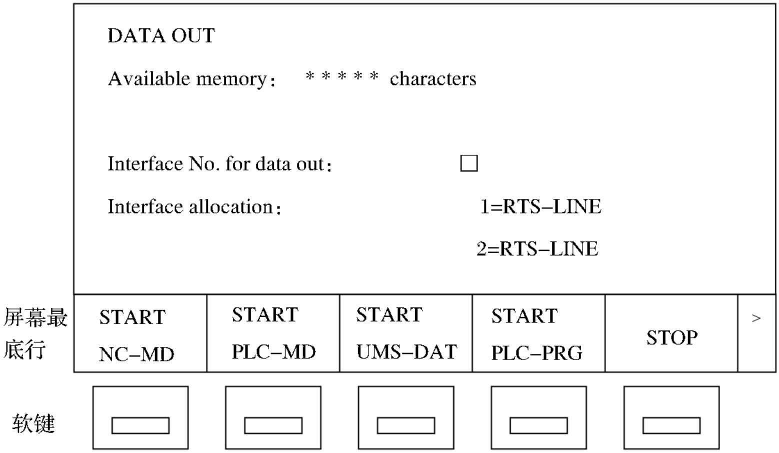


图 3-53　数据输出菜单画面

注意用 PCIN 输入的 PLC 程序只能用 PCIN 传回，不能使用 STEP5 编程软件传回。

按 NC 系统上的启动输出的软键后，在屏幕的右上角显示 DIO，指示接口已开通，如果再按同一软键，将在屏幕下方显示 INTERFACE BUSY，指示接口忙。

按软键右侧的“>”键进入图 3-54 所示的数据输出扩展菜单。

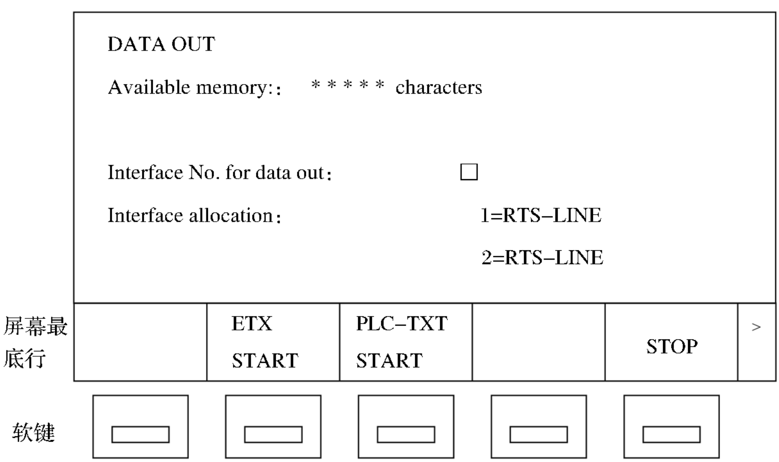


图 3-54　数据输出扩展菜单画面

这时可将报警文本（PLC-TXT）传入计算机。

按软键左侧的“∧”按键，可返回上级菜单。

退出初始化状态，在正常操作页面的 DATA IN-OUT 菜单下，其他数据可传入计算机。具体操作与上述相仿，这里不再赘述。

3.4.2　FANUC 0TC 系统数据丢失的处理

FANUC 0TC 系统由于系统后备电池无电或者更换存储器模块后，系统数据丢失，造成系统启动不了，这时需要恢复机床的原有数据、程序，机床才能正常工作。下面结合实例介绍如何恢复 FANUC 0TC 系统的机床数据和程序。

例　数控车床开机屏幕没有显示。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在长期停用后重新使用时，通电开机系统屏幕没有显示。

故障分析与检查：因为机床长期停用，所以怀疑系统后备电池电量不足使系统数据丢失，造成系统无法启动。

故障处理：FANUC 0C/D 系统数据混乱造成的死机，必须首先强行启动系统，然后装载原机床数据，才能恢复机床正常工作。

FANUC 0C/D 系统强行启动和数据传输方法：

1. 强行启动系统

在系统通电的同时，按 Reset ＋ Delet 两个按键，系统强行启动，这时系统恢复正常显示，但系统数据被恢复成默认数据，机床不能工作。为此，必须重新输入原机床数据，使机床恢复正常功能。

2. 输入机床数据

输入机床数据可采用两种方法：

1）手动输入法，通过键盘将原机床数据逐个输入。这种方法比较简单，但工作量比较大，并且容易出错。

2）使用计算机将备份数据文件传回系统，在数控系统和用于传输数据的计算机都断电的状态下，将通信电缆分别连接到数控系统和计算机的 RS 232C 串行通信接口上。计算机开机进入 PCIN 数据传输软件，设置通信协议参数，如所用计算机的通信口号、数据起始位、

数据位、传输速率、奇偶校验位等。通信协议参数的设置应与机床数控系统通信参数的设置保持一致，否则传输工作不能正常进行。

机床侧的操作顺序如下：

① 打开机床总电源。

② 按下机床急停按钮。

③ 打开机床程序保护锁。

④ 将机床操作状态设置为 EDIT 状态。

⑤ 按功能键 DGNOS/PARAM，出现参数设置画面，将 PWE 设定为“1”，并设定下列通信参数：

TVON＝0（设置进行 TV 检测）

ISO＝1（设置使用 ISO 代码）

I/O＝1（设置 1 通道）

机床参数设置如下 ：

PRM002＃＝1＊＊＊＊0＊1 ；(停止位 2，接口，同步孔不输 I/O＝0 生效 ）

PRM012＃＝1＊＊＊＊0＊1 ；（停止位 2，接口，同步孔不输 I/O＝1 生效）

PRM038＃＝10＊＊＊＊＊＊ ；（外用的 I/O 装置为计算机，使用 RS232 接口）

No. 552＝10（波特率 4800）

No. 553＝10（波特率 4800）

（如果 I/O 设置为 2，应该把 No. 250 和 No. 251 设为 10）

⑥ 手工输入机床数据 No. 900 及其后的保密参数。输入 No. 900 数据时，系统显示器上出现 000P/S 报警，这是正常的。输入 No. 901 数据时，系统显示器上出现下列信息：

WARNING（警示）：

YOU SET No. 901 ＃01，THIS PARAMETER DESTORY NEXT FILE IN MEMORY FROM 0001 TO 0015，NOW NECESSARY TO CLEAR THESE FILE，WHICH DO YOU WANT?（你设置 No. 901 ＃01 这个数据，将会损坏存储器后面 0001 到 0015 的文件，现在必须清除这些文件，你要做哪

一项?)

“DELT（删除)”：CLEAR THESE FILE；(清除这些文件)

“CAN（取消)”：CANCEL（取消)

PLEASE KEY- IN “DELT” OR “CAN” （请按按键“DELT”或“CAN”)

按显示器下方对应“DELT”的软键，重新显示机床数据画面；依次输入其后的保密数据后，关闭机床系统电源，数分钟后重新开机。

⑦ 按系统显示器下方的按键 PARAM。

⑧ 计算机进入 PCIN 软件，通信参数做如下设置：

COM NUMBER 1

BAUDRATE 4800（传输波特率)

PARTIY EVEN

2 STOP BITS

7 DATA BITS

XON/OFF SETUP＞XON/XOFF ON（注意：若设为 OFF，就只能上传不能下载)

XON Character：11

XOFF Character：13

DONT WAIT FOR XON

DONT SEND XON

END _ W _ M30 OFF

ETX OFF

TIMEOUT 0S

BINFILE OFF

TURBOMODE OFF

DONT CHECK DSR

⑨ 计算机一侧进入 PCIN 的 OUT 数据输出菜单，调入备份的机床数据文件作为待输出文件，按回车键后，等待机床侧数据输入操作。

⑩ 按 NC 系统面板上的 INPUT 按键；这时，NC 数据开始

输入。

⑪ NC 数据输入后，接着输入 PMC 数据，操作步骤重复 9 和 10。只是在计算机侧要将备份的 PMC 数据调到输出文件中。

上述步骤完成后，将 PWE 参数设置为“0”，关闭系统电源，数分钟后开机，机床数据恢复完毕，机床恢复正常运行。

FANUC 0C/D 系统数据程序上传方法：

1. 机床数据上传

1）将操作方式开关设定到 EDIT 状态。

2）按 PARAM 按键，选择显示参数的页面。

3）使用通信电缆将数控系统与计算机连接。

4）计算机一侧调用 PCIN 软件，进入 DATA _ IN 菜单，输入文件名，回车准备接收数据。

5）在系统面板上按【OUTPUT】按键，机床数据开始上传。

2. 机床加工程序上传

1）在机床的控制面板上，将功能转换开关设定到 EDIT 状态。

2）按系统面板上 PRGRM 按键。

3）使用通信电缆将数控系统与计算机连接。

4）计算机一侧调用 PCIN 软件，进入 DATA _ IN 菜单，输入文件名，回车准备接收数据。

5）上传单个程序，输入字母 O，然后输入程序号，按系统面板上 OUTPUT 按键，即可传输。

6）全部程序，输入字母 O，然后键入－9999，按系统面板上 OUTPUT 按键，即可传输。

FANUC 0C/D 系统保密参数备份技巧：FANUC 0C 系统数据 0900～0939 为保密参数，是 FANUC 系统的一些选择功能的设定。在正常传输时，这些参数是不能传输到计算机进行备份的。在系统出现故障，参数丢失时，只能通过 MDI 方式手动输入，不能同其他参数一起用计算机输入。下面介绍的方法可以使这些参数与其他参数一起全部传出保存，输入参数时就可以与其他参数一起输入。方法

如下：

1）将操作方式开关设定到 EDIT 状态。

2）按 PARAM 按键，选择显示参数的页面。

3）将外部传输设备设定在准备接收数据状态。

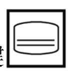
4）按 EOB 按键不放开，再按 OUTPUT 按键。

这时系统全部参数，包括保密参数即可全部传出。

3.5　数控系统的故障报警信息显示功能

现代的数控系统都具备故障自诊断功能，发现系统或者机床的故障后，产生报警，并在屏幕上显示报警信息。本节以西门子 810T/M 系统和 FANUC 0TC 系统为例，介绍如何使用数控系统的故障报警信息显示功能和故障维修实例。

3.5.1　西门子 810T/M 系统报警显示功能

西门子 810T/M 系统可以通过调用软键菜单显示故障报警信息，按菜单转换键及菜单扩展键“>”，找到图 3-55 所示的菜单，按 DIAGNOSIS（诊断）下面的软键，进入系统诊断菜单，如图 3-56 所示。

这个诊断菜单第 1 个功能为系统报警显示功能（NC ALARM），

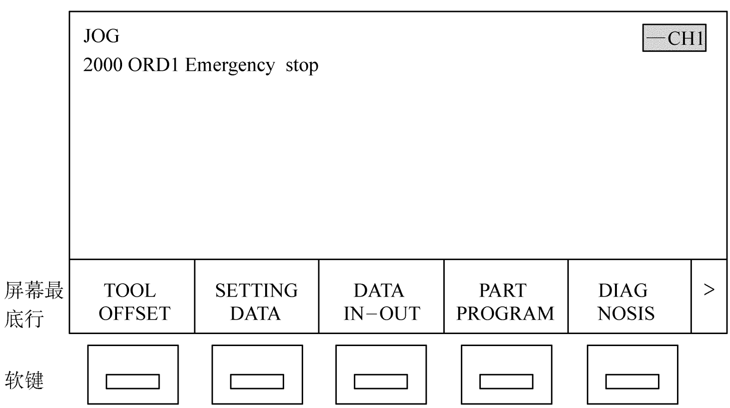


图 3-55　报警显示操作菜单

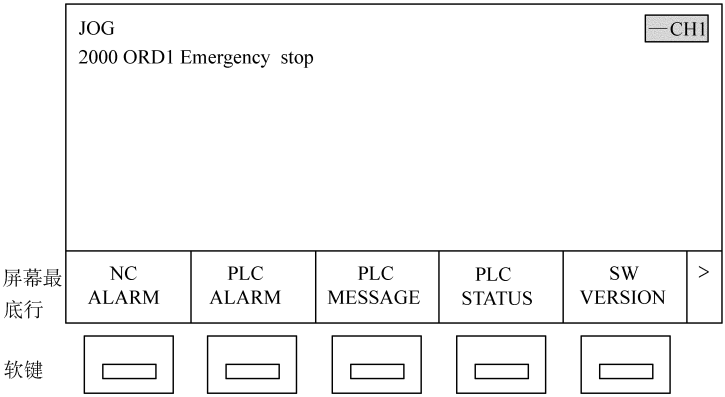


图 3-56　报警显示操作菜单

按 NC ALARM 下面的软键，系统进入数控系统故障报警显示菜单；第 2 个功能为 PLC 报警显示功能（PLC ALARM），按 PLC ALARM 下面的软键，系统进入 PLC 报警信息显示菜单；第 3 个功能为 PLC 操作信息显示功能，按 PLC MESSAGE 下面的软键，系统进入 PLC 操作信息显示菜单；第 4 个功能为 PLC 状态显示功能（PLC STATUS），按 PLC STATUS 下面的软键，系统进入 PLC 状态显示菜单，可以查看你要查看的状态信息；第 5 个功能为软键版本（SW VERSION）显示功能，按 SW VERSION 下面的软键，系统显示软件版本号。按“＞”进入诊断菜单的扩展菜单，如图 3-57 所示。

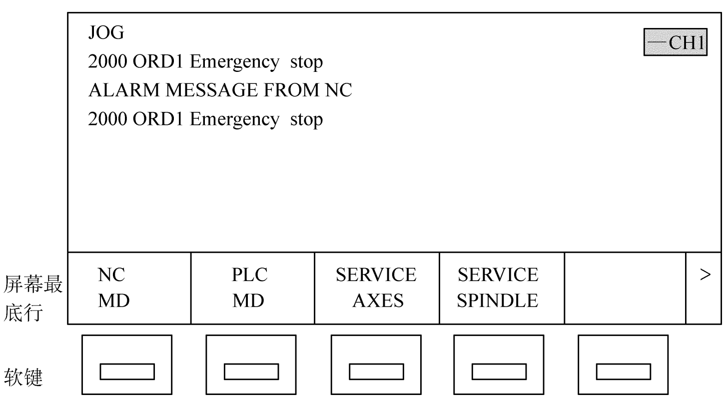


图 3-57　DIAGNOSIS（诊断）扩展菜单

图 3-57 扩展菜单具有 4 个功能，第 1 个功能为 NC 机床数据（NC MD）功能，按 NC MD 下面的软键进入 NC 机床数据显示功能，在这个菜单可以显示修改 NC 机床数据；第 2 个功能为 PLC 机床数据（PLC MD）显示功能，按 PLC MD 下面的软键，系统进入 PLC 机床数据菜单，在这个菜单可以显示、修改 PLC 机床数据；第 3 个功能为伺服轴功能（SERVICE AXES），可以显示伺服轴的一些数据；第 4 个功能为伺服主轴（SERVICE SPINDLE）功能，可以显示伺服主轴的一些数据。

3.5.2 FANUC 0TC 系统的报警显示

FANUC 0TC 系统按控制面板右侧的 OPR ALARM 按键可进入报警信息显示画面，如图 3-58 所示。

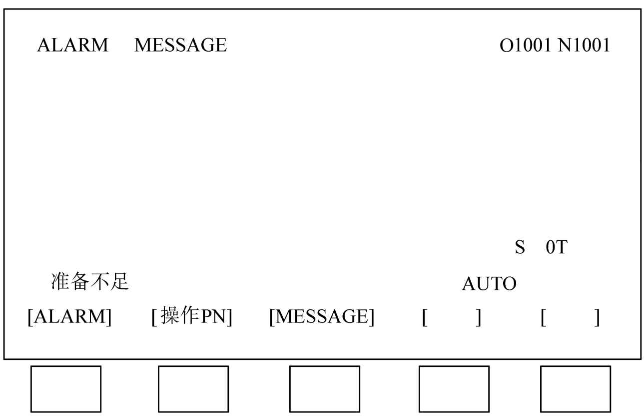


图 3-58 FANUC 0TC 系统报警信息显示画面

3.5.3 利用数控系统报警信息维修机床故障

通过查看数控系统上的报警信息，可以发现一些故障的根本原因，从而排除故障。下面介绍一些故障排除实例。

例 1 一台数控车床出现报警2011“INSUFFICIENT LUBRICATION OIL”（润滑油不足）。

数控系统： FANUC 0TC 系统。

故障现象： 这台机床在运行时出现 2011 报警，指示润滑油不足。

故障处理： 根据报警显示，检查润滑单元，发现确实润滑油位过

低，将润滑油油箱加满后，该报警消失。

例 2 一台数控车床出现报警2038“BATTERY ALARM”（电池报警）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床开机出现 2038 报警，指示电池电压不足。在系统开机的情况下，测量系统断电保护电池的电压，发现电压确实不够。

故障处理：在系统通电的情况下，更换电池，故障报警消除。

例 3 一台数控车床出现报警2043“HYDRAULIC PRESSURE DOWN”（液压压力低）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床有一次出现故障，开机显示 2043 报警，指示液压压力低。

故障处理：因为报警指示液压系统压力低，对液压系统进行检查，发现确实压力有些低。对液压系统进行调整，把压力调上来后，报警消除。

例 4 一台数控车床出现报警9060“Hydraulic system oil shortage”（液压系统缺油）。

数控系统：西门子 840C 系统。

故障现象：这台机床在运行时出现 9060 报警，指示液压系统缺油。

故障分析与检查：因为报警指示液压系统缺油，对液压油箱进行检查发现确实油位低了。

故障处理：添加液压油后，机床故障消除。

例 5 一台数控车床出现报警4035“Memory board battery change”（存储器板换电池）。

数控系统：日本 OKUMA OSP 7000L 系统。

故障现象：开机出现4035报警，指示后备电池无电。

故障分析与检查：根据报警的指示，对存储器的电池进行检查，发现确实电压过低。

故障处理：带电更换后备电池，报警消除。

例 6　一台数控车床出现报警1207“Alarm—AEC overload FRM8 oil pump motor for spindle headstock”（FRM8 主轴油泵过载）。

数控系统：日本 OKUMA OSP 7000L 系统。

故障现象：在机床运行时出现这个报警，主轴无法起动。

故障分析与检查：根据报警指示主轴润滑油泵过载，对油泵进行检查，发现油泵电动机没有问题，但油泵损坏，致使油泵电动机旋转过载出现报警。

故障处理：更换新的油泵，机床恢复正常使用。

例 7　一台数控车床显示6003号报警“Z AXIS-VE OVER-TRAVEL”（Z 轴超负限位）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在手动调整时，出现这个报警，根据报警的含义，Z 轴压上负向限位开关。

故障处理：将限位开关的解除钥匙开关打开，使 Z 轴向正向运动，脱离限位开关后，将钥匙开关打回，用复位键将故障信息消除，机床恢复正常工作。

例 8　一台数控车床显示7009号报警“HYDRAULIC FILTER BLOCK”（液压过滤器堵塞）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：机床开机出现 7009 号报警，不能进行其他操作。

故障分析与检查：这个报警指示液压过滤器堵塞，提示操作人员清理过滤器。

故障处理：过滤器清理干净后，故障警示自然消失。

例 9　一台数控车床出现报警11号“Wrong UMS identifier”（UMS 标识符错误）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在开机时偶尔出现 11 号报警，这时机床厂家设置的特定功能不起作用。

故障分析与检查：根据西门子报警手册的解释，11 号报警是机床制造厂家存储在 UMS 中的程序不可用，或者在调用的过程中出现

了问题。出现故障的原因可能是存储器模块或者 UMS 子模块出现问题。为此将系统存储器模块拆下进行检查，发现电路板上 A、B 间的连接线已腐蚀，接触不良。

故障处理：按说明书要求，这两点必须短接，将这两点焊接上后，开机测试，再也没有出现这个故障。

例 10 数控车床出现报警 950 “FUSE BREAK（＋24E：FX14)”（熔断器烧断＋24E：FX14)。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，屏幕上显示 950 号报警。

故障分析与检查：根据 FANUC 0TC 系统报警手册，此报警指示数控单元电源模块上的 F14 熔丝烧断，更换相同型号的熔丝后开机，又烧断了，说明 24E 电源有短路问题。测量电源的 24E 端子的电阻，只有几欧姆，证明确实是电源短路了。为了确认是否是电源模块出现问题，将电源模块拆下测量，发现其电阻变得很大，说明电源模块并没有问题，从而确认为 24E 电源的负载有问题。

查找 FANUC 0C 系统的维护说明书，F14 熔丝烧断主要有两方面原因：

1）为各 PCB 板供电的 24E 的电源线短路。

2）机床上 24E 电源线接地故障或者 24E 电源线与另一电源线虚接。

为此将电源模块插接上后，逐个将 PCB 板拔下，然后测量电源模块 24E 的电阻，当拔下 I/O 模块时，发现电阻变大，说明故障和这块板有关，将这块板的所有电缆插头都拔下，然后把该板插回，再测量 24E 的电阻，其阻值也很高，说明 I/O 板也没有问题。问题可能出在接口电路上，将这块板子的电缆插头逐个插回，当把 M1 电缆插上时，24E 的阻值又降下来了，说明是 M1 电缆有问题。根据机床厂家提供的电气图样，M1 电缆连接的是控制面板和一些开关量输入。分析认为可能是这些开关的某个电源线对地短路，根据电气原理图分步拆开电源线进行检查，最后确认为刀塔部分问题。对刀塔部分的连接线路进行检查，发现一个铁屑将一电源线对地短接。

故障处理：将这个电源连接线上的铁屑清除后开机，机床正常工作。

维修总结：数控机床很多故障都有报警信息显示，有一些显示报警信息的故障，报警信息已经告之故障原因，所以在数控机床出现故障时要注重研究报警信息。

第 4 章　数控机床加工程序

4.1　概述

现代数控机床最大的特点之一就是按照事先编制好的程序对工件进行自动加工，而数控机床的很多故障也是在自动运行加工程序时出现的，所以维修人员了解一些编程知识对维修数控机床大有益处。

本章以西门子 810T/M 系统为例，通过介绍西门子 810T/M 系统的编程规定和方法，让维修人员了解一些编程的基本知识和操作方法。

在执行加工程序之前，首先必须将加工程序存入系统存储器。加工程序输入到存储器有多种方式，下面介绍几种：

1）纸带传输。早期的数控机床可以使用专门的编程装置编制程序，程序编制好后，制作成程序纸带，然后通过纸带机将纸带上的工件程序传入数控机床。这种方式现在已经很少见到了。

2）磁带存储。将编制好的程序存入磁带中，可以在数控系统上编辑，也可以在专用的编程计算机上编程，在使用时通过磁带机将磁带中的工件程序调入数控机床的内存中。这种方式现在也用得越来越少。

3）计算机编程。这种方式可以在线也可以离线。在通用计算机上使用专用软件编制工件程序，然后通过 RS232 接口传入数控机床。这种方式现在比较常用，特别是加工的工件形状复杂、编程比较繁琐、人工编制很困难时，计算机使用自动编程软件根据输入的数据自动编程。因为有些加工程序很大，数控系统的内存装不下，所以系统采用的方式是一边传输一边加工。

4）网络功能。使用网络功能远距离编程是现代数控机床的最新发展。

5）本机编程。这种方式在数控装置上编程。现代的数控系统都具有本机编程功能，操作人员可以通过数控系统的键盘，手工编制加

工程序。这是比较常用的方式。

4.2 西门子 810T/M 系统编程指令代码

本节以西门子 810T/M 系统为例，介绍数控机床的指令系统。

西门子 810T/M 系统的编程系统中，使用 G 指令、M 指令以及 F、S、T 指令代码进行工件程序的编制。使用这些指令代码描述数控机床的运行方式，加工种类，主轴的起、停，切削液的开、关等辅助功能以及指定进给速度、主轴速度，选择刀号等。下面介绍 810T/M 系统常用的指令代码。

4.2.1 准备功能指令

准备功能（Preparatory Function）亦称 G 代码，描述机床运动方式、插补方式和尺寸测量方法。它由字母 G 和其后的两位数字组成。810T/M 系统的 G 指令可分为若干个组。一个程序块中只能包含同一组指令中的一个指令。

G 指令可分为两类：

1）模态式。在一个程序块中执行后，在以后的程序块中仍然有效，直到执行一个同组的另一个 G 指令为止。

2）块内有效。只在包含这个 G 指令的程序块中有效，执行下一个程序块时这个功能立即失效。

下面介绍 810T/M 系统一些常用的 G 指令。

1）快速定位指令 G00。G00 是快速定位指令，使该指令后面定义的伺服轴快速运动到目的位置，既可用绝对值编程也可用增量值编程。很多其他公司的数控系统也都使用 G00 作为快速定位指令。西门子使用的 G 指令很多都与其他系统相同。

G00 运动的速度由控制器监视，对于每个轴机床数据都可以分别定义最大速度。如果几个轴同时运动，速度执行几个轴中最低的速度。

F 指令定义的进给速度在执行 G00 指令时被存储，执行完 G00 指令后，它还可以继续使用。

2）线性插补指令 G01。G01 是直线插补指令，使所定义的伺服轴以设定的速度直线运动到目标位置，同时可以加工工件。控制器利

用插补原理计算路径。运动的速度用进给速度编程指令 F 指定。

G01 既可用绝对值编程也可用增量值编程。

G01 既可以用编程的速度运动，也可以根据主轴的速度运动。

3）圆弧插补指令 G02/G03。G02/G03 是圆弧插补指令，使刀具在一圆弧的两点间运动，同时可以加工工件。运动的速度用进给速度编程指令 F 指定。

控制器利用圆弧插补计算刀具路径。

G02 为顺时针圆弧插补；G03 为逆时针圆弧插补。

圆弧插补指令 G02/G03 是模态的（可存储）。

4）暂停指令 G04。G04 是暂停指令，该指令可以使加工程序作暂短的停止，G04 用 X 或者 F 作为地址指定暂停时间长短。X 指定的暂停时间设定范围从 0.001～99 999.999s；F 指定的暂停时间设定范围 0.001～99.999s。

G04 指令只在程序块内有效，并且这个程序块只能写入 G04 一个功能。例如：

N20 G04 X2L_F　　；暂停 2s。

5）可编程的工作区域极限 G25/G26。可编程工作区域的极限对机床起保护作用，防止由于编程或者操作错误引起的机床损坏。

G25 为工作区域极限上限；G26 为工作区域极限下限。

G25、G26 设定后，刀具只能在 G25、G26 规定的范围内工作。

6）可设定的零点补偿 G54～G57。用 G54～G57 可以使相应的可设定的零点补偿生效。

零点补偿的设定可以通过键盘输入或者通信接口传入。

7）可编程的零点补偿 G58/G59。G58、G59 两条指令可以在程序中对零点进行补偿。

程序结束时，即执行 M02 和 M30 指令时，自动使可编程的零点补偿指令失效。

8）工件尺寸标定输入系统 G70/G71。G70 设定输入系统为英制；G71 设定输入系统为米制。

9）绝对值和增量值定位指令 G90/G91。G90 指令是绝对值编程指令，程序中设置的进给轴数据是按坐标系统的绝对坐标数值编程

的；G91 指令是增量值编程指令，设定进给轴进给的数值是目的点相对于起始点的距离。

10）进给速度 F、G94/G95。F 指令设定进给轴运行的速度；G94/G95 指定了进给速度 F 用什么方式编程。

G94F.. 进给速度用 mm/min 编程。

G95F.. 进给速度用 mm/r 编程。

F 的数值执行后一直保存，直到执行一个新的 F 值。在程序结束时或者系统复位时，进给速度 F 被清除。所以程序开始插补进给时一定要先定义一个进给速度 F。

进给速度受面板上进给速率倍率开关控制，可从设定值的 1%变化到 120%，这依赖于相应的机床数据。

4.2.2 辅助功能 M 代码

辅助功能（Miscellaneous Function）是由字母 M 和其后的两位数字组成的。

一些辅助功能是由标准 DIN 66025 第二部分定义的，其他是由机床制造厂家定义的。

下面分类介绍辅助功能 M 代码。

1）M00 编程停止（无条件）。辅助功能 M00 允许程序中断，例如为了完成测量，测量结束后，按“NC START”按键，可以继续进行加工。

2）M01 编程停止（有条件）。辅助功能 M01 与 M00 功能相同，只是利用软键或者接口信息激活。

3）M02 程序结束。辅助功能 M02 使程序结束，复位程序到起始点。M02 在程序的最后一个程序块。

M02 可以单独写在一个程序块中，也可以与其他功能写在一个块中。

4）M17 子程序结束。辅助功能 M17 使子程序结束，M17 写在子程序最后一个程序块。

M17 可以单独写在一个程序块中，也可以与其他功能写在一个块中。

5）M30 程序结束。辅助功能 M30 与 M02 功能相同。

6）M03、M04、M05、M19 主轴控制指令。辅助功能 M03 为主轴顺时针旋转功能；辅助功能 M04 为主轴逆时针旋转功能；辅助功能 M05 为主轴停止功能；辅助功能 M19 为主轴定向停止功能（M19 只在主轴带有编码器时使用），M19 是一个选件。

以上介绍的是标准 M 功能，其他 M 功能是机床制造厂家自行定义的，通过 PLC 程序解码。

7）M08、M09 切削液控制指令（约定俗成）。辅助功能 M08 控制切削液开；辅助功能 M09 控制切削液关。虽然没有标准规定这两个指令，但很多数控系统都使用这两个指令控制切削液。

4.2.3 主轴功能 S

主轴功能（Spindle Function）由字母 S 和其后四位数字组成。它是与 M03、M04 功能配合使用的。S 功能执行后，相应的模拟电压给定信号通过测量板输出到主轴控制装置。

4.2.4 刀具功能 T

刀具功能（Tool Function）由字母 T 和其后最多四位数字组成。刀具功能可以指定所要使用的刀号，通过 PLC 或者其他外围装置选择相应号码的刀具。

4.3 数控车床 M、T 功能的实现

4.3.1 西门子 810T/M 系统 M 功能的实现

M 功能是辅助功能，很多功能都是机床制造厂家自行定义的。有一些是约定俗成的，如 M03 主轴正向启动、M04 主轴反向启动、M05 主轴停转。很多 M 指令是通过 PLC 控制实现的，所以系统执行 M 功能时，数控系统译码后，将相关信号传递给 PLC，由 PLC 执行操作。

下面介绍西门子 810T/M 系统 M 功能的实现。系统执行 M 指令后，将 M 指令转换成相应的 PLC 标志位 F，然后输出到 PLC。M 功能转换成标志位分为静态和脉冲两个信号，机床设计者根据 M 指令功能不同，进行逻辑运算，如果现场情况满足要求，执行相应的操作，如果使用的是静态信号，PLC 接收到操作已执行的反馈后，将静态标志位复位。M 指令与标志位 F 是一一对应的，810T/M 系统

的对应关系见表 4-1。

表 4-1　西门子 810T/M 系统 M 功能代码与 PLC 标志位 F 的对应关系

位号＼位	7	6	5	4	3	2	1	0
	动态 M 信号							
FB27	M07	M06	M05	M04	M03	M02	M01	M00
	静态 M 信号							
FB28	M07	M06	M05	M04	M03	M02	M01	M00
	动态 M 信号							
FB29	M15	M14	M13	M12	M11	M10	M09	M08
	静态 M 信号							
FB30	M15	M14	M13	M12	M11	M10	M09	M08
	动态 M 信号							
FB31	M23	M22	M21	M20	M19	M18	M17	M16
	静态 M 信号							
FB32	M23	M22	M21	M20	M19	M18	M17	M16
	动态 M 信号							
FB33	M31	M30	M29	M28	M27	M26	M25	M24
	静态 M 信号							
FB34	M31	M30	M29	M28	M27	M26	M25	M24
	动态 M 信号							
FB35	M39	M38	M37	M36	M35	M34	M33	M32
	静态 M 信号							
FB36	M39	M38	M37	M36	M35	M34	M33	M32
	动态 M 信号							
FB37	M47	M46	M45	M44	M43	M42	M41	M40
	静态 M 信号							
FB38	M47	M46	M45	M44	M43	M42	M41	M40
	动态 M 信号							
FB39	N55	M54	M53	M52	M51	M50	M49	M48
	静态 M 信号							
FB40	M55	M54	M53	M52	M51	M50	M49	M48
	动态 M 信号							
FB41	M63	M62	M61	M60	M59	M58	M57	M56

（续）

位号 \ 位	7	6	5	4	3	2	1	0
	静态 M 信号							
FB42	M63	M62	M61	M60	M59	M58	M57	M56
	动态 M 信号							
FB43	M71	M70	M69	M68	M67	M66	M65	M64
	静态 M 信号							
FB44	M71	M70	M69	M68	M67	M66	M65	M64
	动态 M 信号							
FB45	M79	M78	M77	M76	M75	M74	M73	M72
	静态 M 信号							
FB46	M79	M78	M77	M76	M75	M74	M73	M72
	动态 M 信号							
FB47	M87	M86	M85	M84	M83	M82	M81	M80
	静态 M 信号							
FB48	M87	M86	M85	M84	M83	M82	M81	M80
	动态 M 信号							
FB49	M95	M94	M93	M92	M91	M90	M89	M88
	静态 M 信号							
FB50	M95	M94	M93	M92	M91	M90	M89	M88
	动态 M 信号							
FB51					M99	M98	M97	M96
	静态 M 信号							
FB52					M99	M98	M97	M96

例如执行加工程序中 M08 指令时，PLC 标志位 F30.0 的状态变为“1”，标志位 F29.0 输出一个“1”脉冲。

4.3.2　西门子 810T/M 系统 T 功能的实现

西门子 810T/M 系统的 T 功能由字母 T 和后面最多 4 位十进制数字组成，NC 部分将 4 位十进制转换成 4 位 BCD 码，通过标志位传输到 PLC，以便 PLC 控制寻找刀号的过程。

T 码的第 1 位 10^0 化为 BCD 码送到 F76.0～F76.3，T 码的第 2 位 10^1 化为 BCD 码送到 F76.4～F76.7，T 码的第 3 位 10^2 化为 BCD

码送到 F75.0～F75.3，T 码的第 4 位 10^3 化为 BCD 码送到 F75.4～F75.7。

4.3.3 西门子 840D 系统 M 功能的实现

西门子 840D 系统的 M 指令大部分也是通过 PLC 完成的，840D 系统 M 功能的执行是数控系统读到 M 指令后，将相应的 DB 块的数据位置位，PLC 用户程序检查到相应 DB 块的数据位变“1”后，执行相应的操作。数据块的置位是动态的，通道 1 的译码矩阵存放在 DB 块 21 中，对应位见表 4-2。

表 4-2 西门子 840D 系统 M 功能译码表

	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
DBB194	M07	M06	M05	M04	M03	M02	M01	M00
DBB195	M15	M14	M13	M12	M11	M10	M09	M08
DBB196	M23	M22	M21	M20	M19	M18	M17	M16
DBB197	M31	M30	M29	M28	M27	M26	M25	M24
DBB198	M39	M38	M37	M36	M35	M34	M33	M32
DBB199	M47	M46	M45	M44	M43	M42	M41	M40
DBB200	M55	M54	M53	M52	M51	M50	M49	M48
DBB201	M63	M62	M61	M60	M59	M58	M57	M56
DBB202	M71	M70	M69	M68	M67	M66	M65	M64
DBB203	M79	M78	M77	M76	M75	M74	M73	M72
DBB204	M87	M86	M85	M84	M83	M82	M81	M80
DBB205	M95	M94	M93	M92	M91	M90	M89	M88
DBB206					M99	M98	M97	M96

而西门子 840D 系统主轴功能 M03、M04、M05 是由 NC 实现的，在这个译码表无法体现变化。

4.3.4 FANUC 0C 系统 M 功能的实现

FANUC 0C 系统的 M 功能的实现也是通过 PMC 来执行的，但与西门子系统的区别在于 FANUC 0C 系统不是将每个 M 功能逐个传递给 PMC，而是将两位十进制的 M 代码放在 F151 中，F151 的高四位存放 M 功能的十位数上数字的 BCD 码，F151 的低四位存放 M 功

能个位上数字的 BCD 码，F151 的格式如图 4-1 所示。即译码由 PMC 进行，而不是在 NC 译码。例如执行 M08 后，F151 的设置为 00001000，如图 4-2 所示。执行 M17 后 F151 的设置为 00010111，如图 4-3 所示。PMC 程序根据 F151 的状态进行译码，执行相应的 M 功能。图 4-4 是使用译码指令的 M08 译码梯形图。图 4-5 是使用基本指令的 M08 译码梯形图。

F151	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
→	M28	M24	M22	M21	M18	M14	M12	M11

图 4-1　FANUC 0C 系统 M 功能状态传递 F151

	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
F151	0	0	0	0	1	0	0	0

图 4-2　执行 M08 后 F151 的状态表

	位7	位6	位5	位4	位3	位2	位1	位0
F151	0	0	0	1	0	1	1	1

图 4-3　执行 M17 后 F151 的状态表

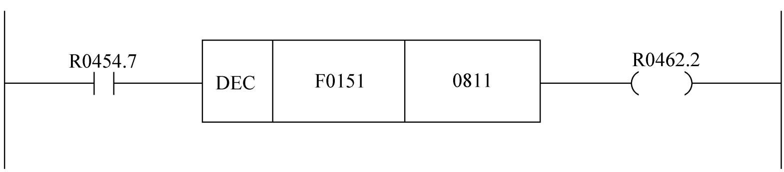


图 4-4　使用译码指令的 M08 功能译码梯形图

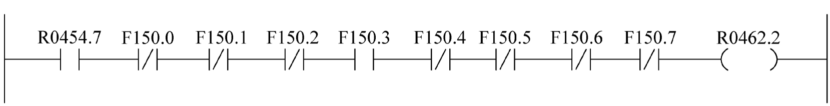


图 4-5　使用基本指令的 M08 功能译码梯形图

4.4　数控车床加工程序不执行的故障处理

例 1　一台数控车床出现041号报警。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在执行加工程序时，出现报警 041“INTERFERENCE IN CRC”（CRC 干涉），程序执行中断。

故障分析与检查：系统维护说明书对这个报警的解释为，在刀尖半径补偿中，将出现过切削现象，采取的措施是修改程序。为进一步确认故障点，用单步功能执行程序，当执行到语句 Z-65 R1 时，机床出现报警，程序停止。因为这个程序已经运行很长时间，程序本身不会有什么问题，核对程序确实也没有发现错误。因此怀疑刀具补偿有问题，根据加工程序，在执行上述语句时，使用的是四号刀二号补偿。

故障处理：重新校对刀具补偿，输入后重新运行程序，再也没有发生故障，说明故障的原因确实是刀具补偿有问题。

维修技巧：长期使用的程序出现报警，如果程序没有被意外改变，多数情况下是补偿出现问题。

例 2　一台数控车床运行加工程序出现报警020“Over tolerance of radius”（半径误差过大）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：在调试加工程序时，出现 020 号报警，程序不执行。

故障分析与检查：根据系统报警手册的解释，020 号报警是圆弧插补指令 G02 或者 G03 的计算误差过大，是程序中的圆弧插补数据有误。

故障处理：在程序中找到圆弧插补指令，重新计算，发现确实有些误差，输入新的数值后，再运行程序，正常运行。

维修技巧：在调试加工出现时出现报警，要着重分析报警信息，注意检查计算的数据是否准确。

例 3　一台数控车床执行加工程序时出现报警057“No solution of block end”（块结束没有计算）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在启动加工程序时，出现 057 报警，程序执

行不下去。

故障分析与检查：这个报警的含义是某段程序的结束点与图样不符，即计算的结果不对。但检查程序重新计算并没有发现问题，检查刀补也没有发现错误，重新对刀也没有解决问题。单步执行程序发现程序总是在执行 G01 Z0.4F18 时出现报警，这个语句是执行直线运动，不会出现这个报警，下个语句是 A225 X59.03，执行的是切削倒角的功能，肯定 NC 系统在执行这个语句之前进行计算，发现执行倒角功能后，结束点与程序给出的结束点 X59.03 差距太大，所以出现报警，而对这几个数据进行计算，没有误差。在出现报警时，使用软键功能“下一语句（NEXT）”功能发现屏幕上显示下一个语句的结果为 A.225 X59.03，显然 A.225 的数据不对，重新检查程序，发现语句 A225 X59.03 这个语句 A225 后没有加小数点，这时 NC 系统认为是 0.225，所以计算后的结果肯定不对。

故障处理：在 225 后面将小数点加上后，程序正常运行。

维修提示：对于 FANUC 数控系统，加工程序中的小数点非常重要，为了避免出现错误，应该在程序输入时，所有可以带小数点的数值都加上小数点。

例 4　一台数控车床出现2062报警。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在自动加工时出现报警 2062“Feed missing/not programmed”（速率丢失/没有编程），程序执行中断。

故障分析与检查：观察程序的运行，当程序执行完语句 N20 G00 X25 F20000 后，就出现这个报警，根据说明书 2062 号报警的含义是，在程序中 F 功能的数值没有编入或者数值太小。对加工程序进行检查，N20 语句之后是 N30 G01 X165 Z22 F R30，该程序块没有问题，而且以前这个程序也执行过没有问题。那么能不能是 R 参数设定有问题呢？将 R 参数打开进行检查，发现 R30 的内容为 0.1320，而实际上应该设成 1320，是将切削速度设置过小所致。

故障处理：将 R30 更改成 1320 后，机床恢复了正常使用。这个故障是由于 R 参数设定不合理造成的。

例 5　一台数控车床在启动循环时出现2039号报警。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在启动自动循环时，出现报警 2039“Reference point not reached”（参考点没有达到）。

故障分析与处理：故障报警指示自动循环之前应该返回参考点，返回完参考点后，程序正常运行没有问题。这是操作不当的问题，机床中途断电后，再次起动时，操作人员忘记重新返回参考点，这时数控系统提示须返回参考点才能运行加工程序。

例 6　一台数控车床程序启动不了。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台车床一次出现故障，加工循环启动不了。

故障分析与检查：观察故障现象，按循环启动按钮后，程序根本没有启动的迹象，怀疑加工程序没有启动，所以首先对程序启动过程进行检查，发现循环启动按钮有问题。

故障处理：更换新的启动按钮后，机床恢复正常使用。

例 7　一台数控车床加工程序执行中中断。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床有一次出现故障，在自动加工循环中程序中断。

故障分析与检查：观察机床的加工过程，发现这个故障不是每次执行加工程序时都发生，但发生故障时可以在任何程序段，不在固定的地方，在出现故障时，进给保持灯亮，出现故障后，重新启动循环，还可以运行。仔细观察数控系统的显示器，在自动循环之前，显示 AUTO 状态，循环启动后，显示 BUF AUTO，在出现故障时，功能状态瞬间变成 MDI，然后又变成 AUTO，但没有了 BUF，只是进给保持灯亮了，加工停止。对功能模式设定开关进行检查，开关正常没有问题，但用 DGNOS PARAM 功能观察 PMC 关于功能开关的输入 X20.0～X20.3 时发现，在自动加工过程中，这 4 个输入偶尔突然瞬间变为“0”，这时自动循环中止。对功能模式开关线路进行检查，该开关的电源线在焊接到直流电源上时，焊点虚焊，接触不良，一有振动电源就断开，导致 PMC 功能模式开关的输入变成“0”，使

系统瞬间变成MDI状态，自动循环中止，而后供电又恢复了，系统又恢复到AUTO状态，但循环已中止，须重新启动。

故障处理：将功能模式设定开关的电源连接焊点重新焊接上后，机床恢复正常工作。

维修技巧：数控机床的维修人员应该具有敏锐的观察力，不放过任何细节。

例8　一台数控车床自动加工循环不执行。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，按循环启动按钮时，自动加工循环不能执行。

故障分析与检查：检查启动按钮没有发现问题，而观察数控系统的显示器，发现虽然功能操作按钮已经设置到MEM（自动状态）功能，但显示的是MDI状态。用DGNOS PARAM功能检查PMC关于功能设定开关X20.0～X20.3的状态，发现无论把开关放在什么位置，它们的状态都是“0”，不发生变化。检查开关时发现，连接模式开关端子A的连线掉了。

故障处理：重新焊接上连线后，机床恢复正常使用。

例9　一台数控车床加工程序执行不下去。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在执行自动加工程序时，程序执行不下去。

故障分析与检查：观察程序的运行，发现在程序执行到G01 Z-8.5 F0.3时，程序就不往下运行了。因为机床返回零点，手动移动X、Z轴和在这段程序开头时的G00快移指令正常执行都没有问题，并且也没有报警，所以伺服系统应该没有问题。用MDI功能测试，G00快移也没有问题，但G01、G02、G03都不运行，因为这几个指令都必须指定进给速率F，故障现象很像设定的F的数值为零。

F值为零有几种可能：

1）在程序中F设定为0，这种可能检查加工程序后很容易就排

除了。

2）进给速率的倍率开关设定到 0，或者倍率开关出现问题，但检查这个开关并没有发现问题，当旋转这个旋钮时，PMC 的输入 X21.0～X21.3 都变化，G121.0～G121.3 的状态也跟随变化，说明倍率开关正常没有问题，另外诊断参数 700 号的第 5 位 COVZ 为“0”，也指示倍率开关没在 0 位上。

3）在机床数据设定中，将切削速度的上限设定到最小，但检查机床数据 PRM527 号，发现设定的数值是 5000，为正常值，也没有问题。将另一台好的机床的这个数据更改成最小值 6 时，运行程序时确实出现这个现象。

4）CNC 的控制部分出现问题，但将机床设定到空运行时，程序还能运行，只是速度很慢，说明控制系统也没有什么问题。进一步研究机床的工作原理发现，这台机床 X 轴和 Z 轴的进给速度与主轴速度有关，检查主轴在进给之前确实已经旋转，主轴达速信号也已经置“1”，没有问题。再仔细观察显示器上主轴的速度显示，在主轴旋转时发现 S 的值为“0”，没有显示主轴的实际转速，为此确认为没有主轴速度反馈。当打开机箱检查主轴编码器时发现，主轴与编码器连接的牙带断开，主轴旋转时，主轴转速编码器并没有旋转。

故障处理：更换新的牙带，机床故障消除。

维修总结：这台机床的工件切削速度与主轴的旋转速度成比例，主轴旋转没有反馈，导致进给速度变成 0，出现 G01、G02、G03 指令都不运行的问题。

维修技巧：数控车床如果在运行加工程序时发生进给轴不动的故障时，不要忘记检查主轴速度是否正常。

例 10　一台数控车床出现报警1720“Work area limit”（工作区域超限）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床切换到自动操作状态时，出现 1720 报警，

指示 X 轴超出工作区域。

故障分析与检查：因为报警指示机床运行超出工作区域，检查设定数据中的工作区域范围，发现都为 0，原来是机床数据丢失后重新装入时，没有设置工作区域范围。

故障处理：按机床要求设置后（若设定有数据备份，也可用编程器传入数控系统），机床故障消除。

第 5 章　可编程序控制器与机床侧故障的维修

5.1　可编程序控制器

5.1.1　可编程序控制器的概念

数控机床除了要对进给轴进行数字插补控制外，还要对一些开关量执行机构进行控制和连锁，诸如油泵的开关、润滑的定时控制、冷却装置的控制、机械手控制、工件的夹紧松开、电磁阀的开关等。这些开关量的控制都是通过可编程序控制器来实现的。

可编程序控制器（Programmable Logic Controller），简称 PLC，是由早期的继电器逻辑控制线路和装置（RLC）发展起来的，加上近代的微处理器技术综合而成的一种崭新的数字控制系统。

1987 年 2 月，国际电工委员会（IEC）在颁布的可编程序控制器标准草案中，对 PLC 作了如下定义：

“可编程序控制器是一种数字运算电子系统，专为在工业环境下运用而设计。它采用可编程序的存储器，用于存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等特定功能的用户指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其辅助设备都应按易于构成一个工业控制系统，且它们所具有的全部功能易于应用的原则设计”。

PLC 用在数控机床上具有如下优点：

1）可靠性高。适用于工业现场环境。PLC 具有很强的抗干扰能力，能在恶劣的工况环境下可靠地工作，这是因为在 PLC 的硬件和软件上都采取了提高可靠性的措施。

2）编程简单，使用方便。PLC 采用梯形图编程，尤其对从事机床控制和维修的人员，不必掌握很多复杂难懂的计算机语言和控制技术，能在短时间内掌握 PLC 的使用、检测和维修技术。

3）可以与专用编程机、编程器、通用计算机等设备连接，可以方便地实现程序的显示、编辑、诊断、存储和传送操作。

4）控制程序可变，具有很好的柔性。

5）直接带负载能力强。与一般微机控制设备相比，PLC 的输出模块具有较强的驱动负载能力，一般都能直接驱动执行元件的线圈，接通或断开强电线路。

6）没有继电器的触点接触不良、触点烧蚀、磨损等不可靠问题。

5.1.2 可编程序控制器的基本功能

在数控机床出现之前，顺序控制技术在工业生产中已经得到广泛应用。许多工业设备的工作过程都是按照一定的顺序进行的。

顺序控制装置主要有两种，一种是传统的“继电器逻辑控制”，简称 RLC（Realy Logic Controller），后来出现了 PLC。

在 PLC 出现之前所有的顺序控制都是采用 RLC 控制，RLC 是将继电器、接触器、按钮和开关等机电式控制器件组合而成的控制电路。在实际应用中，RLC 存在一些难以克服的缺点，如只能解决开关量的简单逻辑运算，以及定时器、计数器等有限的几种功能控制，难以实现复杂的逻辑运算、算术运算、数据处理，以及数控机床所需要的许多特殊控制功能，而且修改控制逻辑时需要增减控制元器件和重新布线，安装调试繁琐，周期长，工作量大；继电器、接触器等器件体积大，但触点却有限。当控制过程对象较多或者较复杂时，需要大量的器件，因而整个 RLC 控制系统体积庞大、功耗高。另外 RLC 的致命缺点是可靠性差，因为采用继电器或者接触器的触点进行逻辑控制，如果有一个触点接触不好，系统就会出现故障，并且故障诊断起来也比较繁琐。

PLC 出现之后 RLC 已基本不用了，特别是大型复杂的顺序控制都是使用 PLC。数控机床也是如此，自从出现 PLC 后，数控系统就不再使用 RLC 了。

与 RLC 比较，PLC 是一种工作原理完全不同的顺序控制装置。PLC 具有如下基本功能：

1）PLC 是一种计算机控制装置，但为适应顺序控制的需要，弱化了计算机的一些算术计算功能，而强化了逻辑运算控制功能，是一

种功能介于 RLC 与纯计算机控制之间的自动控制装置。

PLC 具有与计算机类似的一些功能器件和单元，包括 CPU、存储器、与外部设备进行数据通信的接口以及系统电源等。为与现场信号进行交换，PLC 还具有输入、输出信号接口。

2）具有面向用户的指令系统，用户控制逻辑用软件来实现，提高了系统运行的可靠性，适用于控制对象动作复杂，控制逻辑需要灵活变更的场合。用户程序多采用图形符号和逻辑顺序关系与继电器电路十分类似的“梯形图”编辑，利于现场技术人员的掌握，也便于故障维修诊断。

3）具有输入输出口状态显示功能，通过输入输出状态指示灯可以检查输入输出的状态。

4）具有通信功能，可以与编程器或者通用计算机通信，除了编辑用户程序外，还可以通过编程器在线跟踪用户程序运行，便于故障诊断。

5）可以实现基本逻辑控制。PLC 为用户设置了“与”（AND）、“或”（OR）、“非”（NOT）等逻辑指令，用软件实现触点之间的串联、并联、串并联等各种连接。完全取代了继电器的触点连锁控制。

6）具有定时器和计数器功能。PLC 为用户提供了若干个软件定时器和计数器，设置了多种定时和计数指令，编程方便，其中定时器的定时数值和计数器的计数数值可以由用户在编程时设定，也可以用拨码开关设定。计时值和计数值可以在运行中被读出，也可以在运行中被修改，使用灵活方便。

7）具有步进控制功能 A/D 和 D/A 转换、数据处理、通信网络等 RLC 不可能具有的功能。

8）监控功能。PLC 配置了较强的监控功能。通过监控功能记忆一些异常情况，或者在发生异常情况时自动中止运行。在控制系统中，操作人员通过监控命令可以监控有关部分的运行状态，可以调整定时、计数等设定值，为调试和维护提供了方便。

9）可以连接各种智能模块，如温度控制模块、位置控制模块、高速模拟量转换模块、高速计数模块等，使 PLC 能够完成更加复杂的控制功能。

5.1.3 可编程序控制器的组成

PLC 也是一种计算机控制系统，PLC 实质是一种工业控制用的专用计算机，也是由硬件系统和软件系统两大部分组成。它不同于通用计算机的是它专为工业现场控制开发的，它具有更多、功能强大的 I/O 接口和面向现场工程技术人员的编程语言。图 5-1，是一个通用型 PLC 的内部结构示意图。

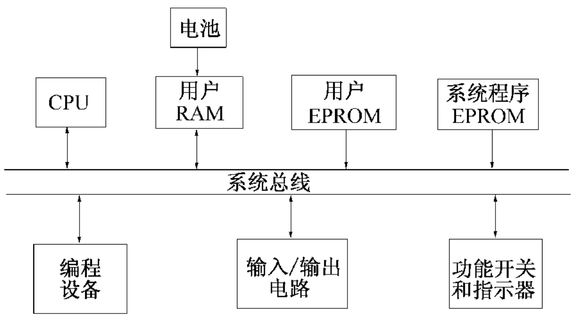


图 5-1　通用型 PLC 的硬件基本结构

从图 5-1 中可以看出，PLC 由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出电路、编程设备（编程器）、电源等构成，内部通过总线连接。各部分的作用如下：

1）中央处理器 CPU。PLC 的 CPU 与通用计算机的作用一样，也是系统控制核心，它按照 PLC 系统程序指定的功能，接收并存储从编程器编辑后传入的用户程序和数据；用扫描方式查询现场输入装置的各种信号状态或数据，并存入输入过程状态寄存器或数据存储器中；诊断电源及 PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误等；在 PLC 进入运行状态后，从存储器逐条读取用户程序；经过指令译码后，按指令规定的动作产生相应的控制信号，启动或者关闭有关的控制电路；分时、分通道去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等动作，完成用户程序中规定的逻辑运算或算数运算等任务；根据运算结果，更新有关标志位的状态或数据寄存器的有关内容实现输出控制、数据通信等功能。

2）存储器。存储器的作用与通用计算机的基本相同，用来存储数据和程序。它包括随机存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。

PLC 配有系统程序存储器和用户程序存储器，分别存储系统程序和用户程序（梯形图）。系统存储器用来存储监控程序、模块化应用功能子程序和各种系统参数等，一般为了防止程序、数据丢失，使用 EPROM 作为系统存储器；用户程序存储器用做存储用户编制的用户程序，一般使用 RAM。为防止程序数据丢失，断电时采用后备电池保护。如果程序不经常修改，最好也写入 EPROM 存储器中。

3）输入/输出（I/O）电路。I/O 电路是 PLC 与工业设备之间的连接组件。PLC 提供了各种操作电平和输出驱动能力的 I/O 模块供用户选择。I/O 电路要求具有抗干扰性能，并与外界隔离。因此多数都采用光电隔离回路、消抖动电路、多级滤波等措施。I/O 电路可以制成各种标准模块，根据输入/输出点数来增减组合。I/O 电路上每个连接口称为一点。为了便于检查，每个接口都有 LED 显示灯，当接通时，相应的指示灯亮；断开时，指示灯熄灭，用户可以通过这些指示灯核对各接口点的状态。

4）电源。PLC 配有开关式稳压电源的电源模块，用来对 PLC 的内部电路供电。

5）编程设备（编程器）。编程器用于用户程序(梯形图)的编制、编辑、调试检查和运行状态监视，编程设备通常是一个单独的设备，通过通信接口与 PLC 相连，在 PLC 正常运行时是不需要编程器的。

编程器分为简易型和智能型两种。简易型编程器只能用于在线编程，通过一个专用接口与 PLC 连接之后才能编程。智能型编程器既可以在线编程又可以离线编程。另外还可以使用专用的编程软件在通用计算机上编辑程序，通过通信接口与 PLC 相连，将编辑好的用户程序传入 PLC。用编程设备还可以在线跟踪 PLC 用户程序的运行，为故障诊断提供了极大的方便。

5.1.4　可编程序控制器的软件系统

PLC 的软件系统是指 PLC 所使用的各种程序。主要包括系统程序和用户程序。

1）系统程序。系统程序包括监控程序、编译程序及诊断程序。

监控程序又称为管理程序，主要用于管理 PLC 系统。编译程序用来把程序语言翻译成机器语言。诊断程序用来诊断 PLC 的故障。系统程序是由 PLC 制造厂家编制的，存储固化在 EPROM 中，用户不能直接存取，故也不需要用户干预。

2）用户程序。用户程序是用户根据现场控制的需要，用 PLC 的编程语言编制的用户应用程序，以实现各种控制的要求。通过机外编程器将用户应用程序编入 PLC，存储在随机存储器 RAM 中，对于已调试成功的 PLC 用户程序也可以写入 EPROM，然后插在 PLC 上运行。

对于数控机床来说，数控机床的 PLC 用户程序是由机床制造厂家根据机床的要求编制的程序，一般情况下不需要机床使用者改动，只是在出现机床侧故障时，可以根据机床厂家提供的用户程序（梯形图）来诊断故障，梯形图在诊断机床侧故障时非常有用。

5.1.5 可编程序控制器的工作过程

计算机用于控制、运行程序时常采用扫描工作方式和中断工作方式，而 PLC 主要采用扫描工作方式，顺序扫描工作方式简单直观，简化了程序设计，并为 PLC 可靠运行提供有力保证。在有些场合 PLC 也插入中断方式，允许中断正在扫描的程序，以处理紧急处理的事件。

用户程序通过编程器输入到存储器后，PLC 的 CPU 对用户程序循环扫描，并顺序执行，这是 PLC 的基本工作过程。

PLC 的工作过程如图 5-2 所示。

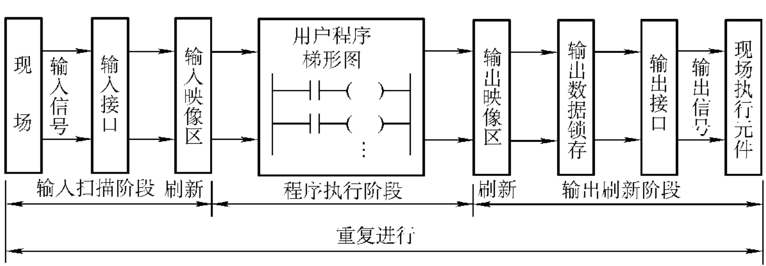


图 5-2 PLC 程序执行的工作过程

对用户程序的循环扫描过程，可分为输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段。

1）输入采样阶段。PLC 通过输入接口将所用输入接口的信号状态读入并存入输入映像寄存器中，即刷新所有输入信号的原有状态。接着转入程序执行阶段，即使这时输入状态发生了变化，输入映像寄存器中的内容也不会改变。输入状态的变化只能在下一个工作周期的输入采样阶段才能重新读入。

2）程序执行阶段。PLC 扫描用户程序，根据本周期输入信号的状态和上个周期的输出信号的状态，对用户程序逐条进行扫描，进行相应的逻辑或者算术运算，运算结果再存入专用寄存器。执行程序输出指令时，将相应的运算结果存入输出映像寄存器。

3）输出刷新阶段。在所有指令执行完毕后，输出映像寄存器中的状态就是要输出的状态。在输出刷新阶段将其转存到输出缓冲器中，然后将刷新后的输出缓冲区各输出点的状态通过输出接口电路全部送到 PLC 的输出端子，这就是 PLC 的实际输出。

PLC 周期性循环执行上述 3 个步骤，这种工作方式称为扫描方式。上述 3 个步骤执行一个周期所用的时间称为扫描周期。PLC 扫描周期是 PLC 重要的参数之一，它反映 PLC 对输入信号的灵敏度或滞后程度。通常，工业控制要求 PLC 扫描周期在 30～60ms 以下。

5.2　可编程序控制器与数控系统的关系

5.2.1　数控机床用可编程序控制器

数控机床用 PLC 可分为两类。一类为独立式 PLC，PLC 是标准通用型的，其输入/输出信号接口技术规范、输入/输出点数、程序存储容量以及运算和控制功能等均能满足数控机床的要求，与数控装置有用输入/输出点直接连接和用通信模块连接的两种连接方式；另一类是集成式 PLC，是专为实现数控机床顺序控制而设计的，与数控装置融为一体的新式 PLC。

1. 独立式 PLC

独立式 PLC 采用的是通用 PLC，是一套独立的 PLC 系统，与数控装置相互独立，具有独立的软件和硬件功能，能够独立完成规定的

控制任务。

PLC与数控装置通常有两种连接方式。一种连接方式是直接用数控装置的输入/输出连接PLC的输入/输出。早期的数控装置很多都采用这种方式，如海德汉TNC155采用的就是这种方式，PLC采用西门子公司通用型S5 115U可编程序控制器，美国TEACHABLE Ⅲ数控装置连接的是GE-FANUC公司的90-30系列PLC。其连接框图如图5-3所示。

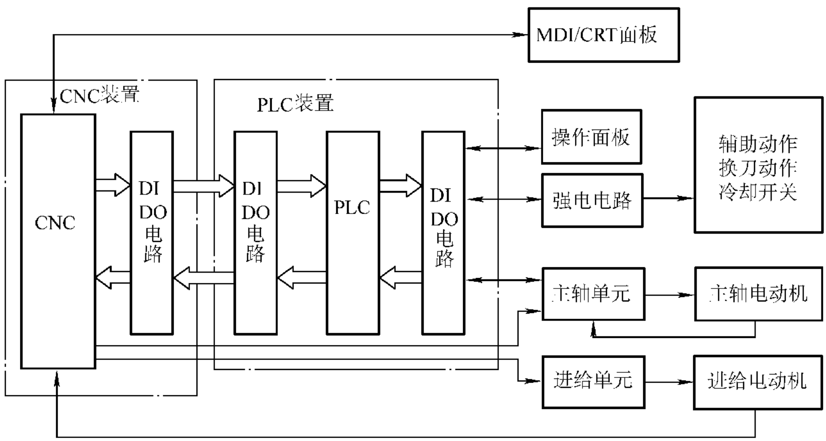


图5-3 具有独立式PLC的CNC机床系统框图

另一种连接方式是通过专用的通信接口进行连接，例如西门子3系统采用耦合模块实现数控装置与PLC的通信，其连接框图如图5-4所示。

独立式PLC具有如下特点：

(1) 独立式PLC具有如下的功能机构：

1) CPU及其控制电路。

2) 用户程序存储器。

3) 输入/输出接口电路。

4) 与编程器等外部设备通信的接口。

5) 电源等。

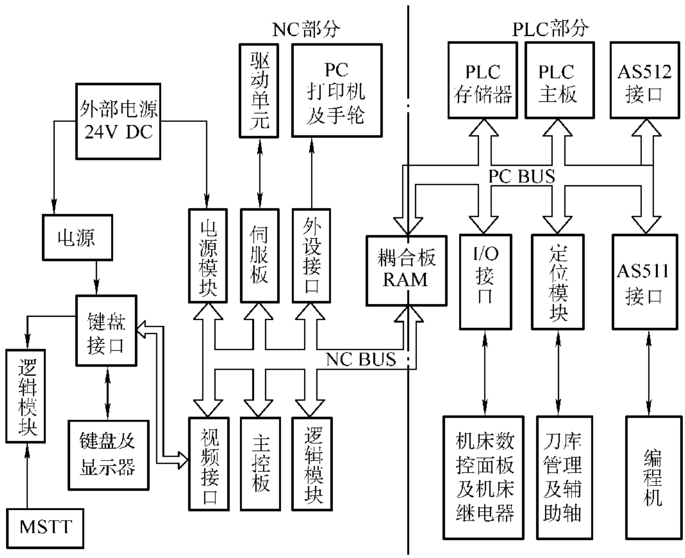


图 5-4　西门子 3 系统外接 PLC 硬件结构框图

（2）独立式 PLC 一般采用模块化结构，各功能板为独立的模块或印制电路插板，具有安装方便，功能易于扩展和维护等优点。

（3）独立的输入/输出点数扩展容易，通过增加 I/O 模块或插板就可以增加点数。

2. 集成式 PLC

集成式 PLC 从属于 CNC 装置，PLC 与 NC 之间的信号是在数控装置内部传送的。PLC 与机床侧（MT）的连接是通过 PLC 的输入/输出接口实现的，其连接框图如图 5-5 所示。

集成式 PLC 有如下特点：

1）集成式 PLC 实际上是数控装置的一种功能，一般作为一种基本的或可选择的功能提供给用户。

2）集成式 PLC 的性能指标（如输入/输出点数、程序最大步数、每步执行时间、程序扫描时间、程序扫描周期、功能指令数量等）是根据所从属的数控装置的规格、性能、适用机床的类型等确定的。其硬件和软件部分是作为数控系统的基本功能或附加功能与数控系统其

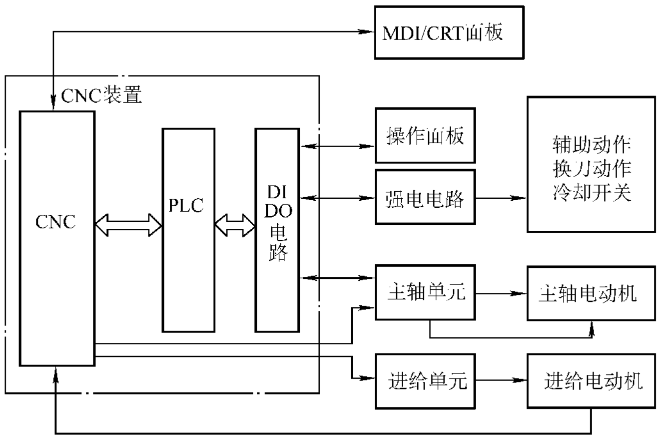


图 5-5 集成式 PLC 的 CNC 系统框图

他功能一起统一设计、制造的。因此，系统硬件和软件整体结构十分紧凑，且 PLC 所具有的功能针对性强，技术指标亦较合理、实用，尤其适用于单机数控设备的应用场合。

3）在系统的具体结构上，集成式 PLC 一般与 CNC 共用 CPU，但也可以单独使用一个 CPU；硬件控制电路可与 CNC 其他电路制作在一块印制电路板上，也可以单独制成一块附加板，当数控装置需要附加 PLC 功能时，再将此附加板插接到数控装置上。集成式 PLC 一般配置单独的输入/输出接口电路，PLC 控制电路及部分输入/输出电路（一般为输入电路）所用电源由数控装置提供，不需另加电源。

4）采用集成式 PLC 的数控装置可以具备某些高级的控制功能。如梯形图编辑和传送功能，在 CNC 内部直接处理 NC 窗口的大量信息等。

自 20 世纪 70 年代末以来，世界上著名的 CNC 厂家在其生产的 CNC 产品中，大多开发了集成式 PLC，使系统更加紧凑。

5.2.2 数控机床 PLC 的功能

数控机床的 PLC 通常具有如下功能：

1）机床操作面板控制。将机床控制面板上的控制信号直接输入 PLC，以控制数控机床的运行。

2）机床外部开关量输入信号控制。将机床侧的开关信号送入PLC，经过逻辑运算后，输出给控制对象。这些开关量包括控制开关、行程开关、接近开关、压力开关、流量开关和温控开关等。

3）输出信号控制。PLC 输出的信号经强电控制部分的继电器、接触器，通过机床侧的液压或气动电磁阀，对刀塔、机械手、分度装置和回转工作台等装置进行控制，另外还对冷却泵电动机、润滑泵电动机等动力装置进行控制。

4）伺服控制。对主轴和伺服进给驱动装置的使能条件进行逻辑判断，确保伺服装置安全工作。

5）故障诊断处理。PLC 收集强电部分、机床侧和伺服驱动装置的反馈信号，检测出故障后将报警标志区的相应报警标志位置位，数控系统根据被置位的标志位显示报警号和报警信息，以便于故障诊断。

5.2.3 数控机床可编程序控制器与其他装置需要交换的信息

PLC 与数控装置、机床侧之间的信息交换有如下 4 个部分：

1. PLC 到数控装置

对于采用独立式 PLC 的数控系统，PLC 将一些经过逻辑运算的结果，送入 CNC 系统，CNC 根据这些信息进行控制。对于集成式PLC，PLC 到数控装置的信号地址与含义是由数控装置制造厂家定义的，PLC 的编程者只能使用，不能改变。如西门子 810T/M 系统中，Q78.0～Q91.7、FB100～FB115 就是 PLC 向 CNC 输出的信号。

2. 数控装置到 PLC 的信号

对于采用独立式 PLC 的数控系统，数控装置通过数字式输出接口将功能输出信号输出到 PLC，PLC 根据这些从数控装置输入的控制信号进行逻辑判断，从而控制机床的运行。

对于采用集成式 PLC 的数控系统，数控装置送至 PLC 的信息可由 CNC 直接送入 PLC 的寄存器中，所有 CNC 送至 PLC 的信号地址和含义均由 CNC 制造厂家定义，PLC 编程者只能使用，不能改变。如数控系统的 M、T 功能，通过 CNC 译码后直接送入 PLC 相应的寄存器。如在西门子 810T/M 系统中，I102.0～I125.7、FB27～FB52 就是 CNC 传递 PLC 的信号。

3. 机床侧（MT）到 PLC

机床侧的开关量信号通过 I/O 接口输入到 PLC 中，除少数信号外，绝大多数信号的含义及所占用的 PLC 输入地址均可由 PLC 编程者自行定义。如使用 FANUC 0TC 系统的数控车床，输入 X2.2 可以被定义为连接脚踏开关，利用系统 DGNOS PARAM 功能可以检查该信号的状态，如为“0”，脚踏开关没有被踩下；为“1”，脚踏开关已踩下。

4. PLC 到机床侧（MT）

PLC 控制机床的信号通过 PLC 的开关量输出接口送到机床侧。所有输出信号的含义及所占用的 PLC 输出地址均可由 PLC 编程者自行定义。如使用 FANUC 0TC 系统的数控车床，PMC 输出 Y48.4 可以被定义为控制刀塔旋转，该信号通过输出接口模块输出，通过直流继电器来控制刀塔旋转电磁阀。Y48.4 的状态可以通过系统 DGNOS PARAM 功能检查，如状态为“0”，使电磁阀断电；状态为“1”，控制电磁阀有电。

5.3　西门子可编程序控制器

5.3.1　西门子可编程序控制器简介

西门子公司生产多品种 PLC 装置，如使用简便的 S5—101；采用模块化的 S5—100U，功能较强；应用广泛的 S5—115U；采用密集型结构，具有多通道处理功能的 S5—130；及功能强、速度快、容量大的 S5—155。这些 PLC 都使用 STEP5 编程语言。西门子 810T/M 系统的集成式 PLC 使用的就是 STEP5 语言。

近几年西门子公司又推出使用 STEP7 编程语言的 S7 系列 PLC，如 S7—200 和 S7—300 系列 PLC。西门子 840D 数控系统就是使用集成式 STEP7 的 PLC。

5.3.2　西门子 810T/M 系统可编程序控制器

西门子 810T/M 系统使用集成式 PLC，与 NC 共用一个 CPU，如图 5-6 所示，CPU 采用分时控制，分别控制 NC 和 PLC。

810T/M 系统的 PLC 有独立的程序存储器和输入/输出模块。

810T/M 系统的 PLC 编程语言使用 STEP5 语言。西门子 810T/

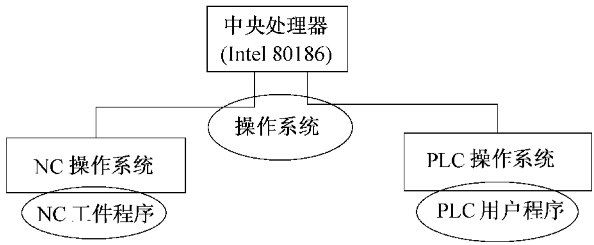


图 5-6　NC 与 PLC 共用 CPU 示意图

M 系统必须使用机外编程器对 PLC 进行编程，如 PG685、PG710、PG750 等专用编程器或者装有专用编程软件的通用计算机，编程器通过 RS—232C 接口与数控系统进行通信，可以编辑 PLC 梯形图，也可以在线观察 PLC 梯形图的运行，对数控机床的故障进行诊断。

集成式 PLC 从属于 NC 装置，PLC 与 NC 装置之间的信号传递在内部即可实现。图 5-7 为西门子 810T/M 系统集成式 PLC 与 NC 的信号传递示意图。PLC 与机床侧之间通过 PLC 的输入/输出接口电路实现信号传递。

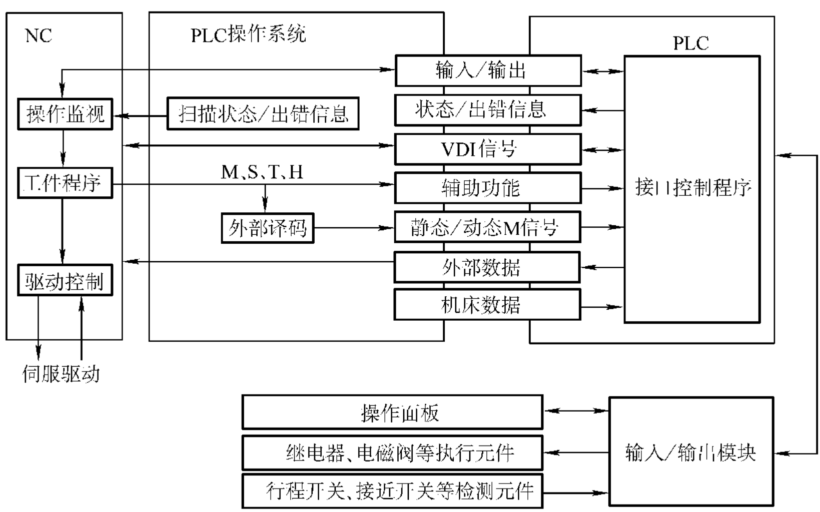


图 5-7　NC 与 PLC 间的信号传递

5.4　西门子可编程序控制器 STEP5 语言

本节以西门子 810T/M 系统为例，介绍西门子 810T/M 系统 PLC 使用的西门子通用编程语言 STEP5 语言。

STEP5 语言是功能很强的编程语言，用户可用它编辑简单的二进制逻辑控制程序，也可以用来编辑复杂的数字功能或者进行基本的算术运算。

西门子 810T/M 系统必须使用机外编程器（PG）或者使用 STEP5 语言编程软件的计算机对 PLC 进行编程，并写入 PLC。

5.4.1　STEP5 语言的三种表达形式

STEP5 语言有三种形式：

1）语句表（STL），用一串操作助记符表示控制功能。例如：

```
A     I1.1
AN    I1.5
O     I1.7
ON    I2.1
=     Q2.2
```

2）梯形图（LAD），用电路图符号形式表示控制功能。例如上述语句表形式的程序可以转化为图 5-8 所示的梯形图。

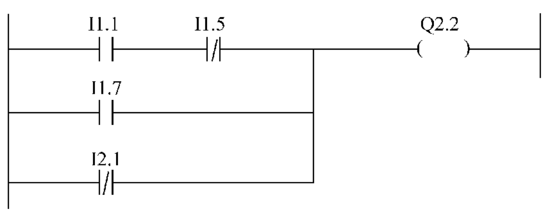


图 5-8　STEP5 梯形图

这是接近强电逻辑控制的形式，便于使用者接受，但不适于复杂的逻辑编程，也不能用于编辑复杂的数字功能或者进行算术运算的编程。

3）流程图（CSF），用逻辑操作符号形式表示控制功能。例如上例的程序可以表达为图 5-9 所示的流程图形式。

这种形式因为对机床维修人员来说比较生疏，所以不太常用。

图 5-10 表明，在使用 STEP5 语言编程时，利用 STL 方式可以编辑任何程序，这是 STEP5 语言的基本表达方式，用 CSF 或 LAD 方式编程时有一定的限制，鉴于篇幅这里就不详述了。

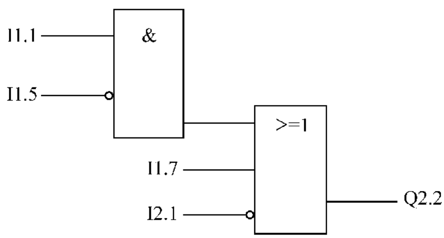


图 5-9　STEP5 流程图

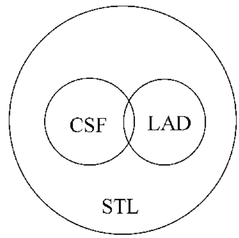


图 5-10　LAD、CSF 和 STL 之间的关系

5.4.2　STEP5 语言的程序构成

西门子 PLC 软件由操作系统、基本软件和用户程序组成。STEP5 语言的用户程序由组织块、程序块、功能块、顺序块和数据块组成。

1. 组织块（OB）

组织块作为 PLC 操作系统和用户程序的接口，用来管理用户程序。

2. 程序块（PB）

程序块是用户用来控制机床的主体程序，它包含控制和报警内容。

3. 功能块（FB）

功能块用于频繁调用的功能或者比较复杂的功能。西门子提供一些标准功能块，用户也可以自己编制功能块。

4. 顺序块（SB）

顺序块是专门处理顺序控制器的程序块，但在数控机床上很少使用顺序块。

5. 数据块（DB）

数据块用来存储数据或者文本，它与上述的 4 种块功能是不

同的。

根据控制系统的控制要求，分别编制不同的块，然后由用户通过调用等方式组合而成，适合于结构化编程。程序块类型如图 5-11 所示。

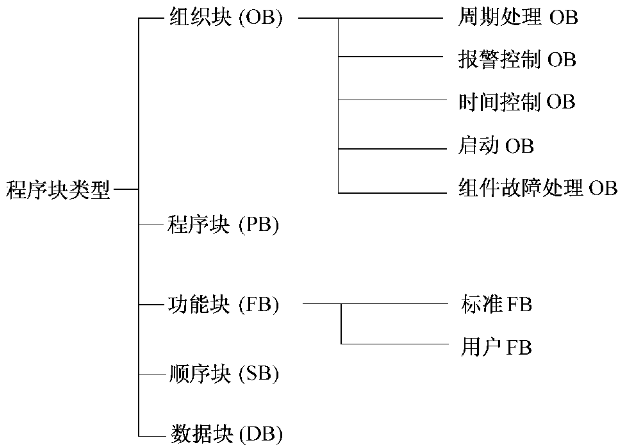


图 5-11　程序块类型

5.4.3　西门子 810T/M 系统 PLC 的程序结构

西门子 810T/M 系统 PLC 的软件由操作系统、基本软件和用户软件组成。操作系统和基本软件是 PLC 的内部程序，存储在 EPROM 中，不能修改。用户软件是机床制造厂家利用 STEP5 语言编写的机床程序，存储在 PLC 存储器中或者 UMS 的 EPROM 中。

组织块 OB1 是 PLC 操作系统和 PLC 用户程序的接口，OB1 中的第一个语句也是用户程序的第一个语句，也就是用户程序的开始。810T/M 系统周期性扫描 OB1，即扫描到最后一个语句之后，就返回到第一个语句并再次开始扫描。扫描时间在机床数据 MD155 中设定，默认设定时间为 66ms。

在组织块 OB1 中可分别调用程序块、顺序块、功能块，组成用户程序，结构示意图如图 5-12 所示。在调用的块中还可以调用其他块，这样的调用称为嵌套。810T/M 系统嵌套深度最多可达到 12 层。

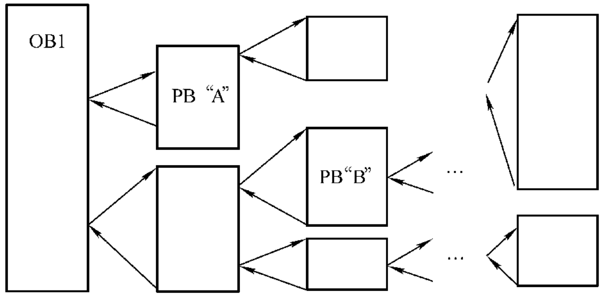


图 5-12　西门子 810 系统 PLC 用户程序结构图

5.4.4　STEP5 语句

STEP5 语句表达如下：

- 控制语句
  - 操作码
  - 操作数
    - 标识符
    - 参数

操作码描述要执行的功能，定义了控制器要实现的功能。例如要进行“与（A)”或者“或（O)”操作。

操作数则包含了执行该操作必需的信息，包括标识符和参数。它规定了控制器要用什么去做。例如：AI1.0，表示用输入 I1.0 进行“与”操作，STEP5 编程语言的操作数使用下列标识符：

输入 I：作为 PLC 的输入，接收从机床和 NC 来的信号

输出 Q：作为 PLC 的输出，向机床或 NC 输出信号

标志 F：用来存储二进制运算的中间结果

数据 D：用来存储数字运算的中间结果

定时器 T：用来执行定时器功能

计数器 C：用来执行计数器功能

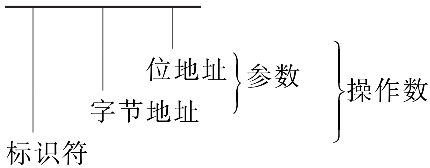
外围设备 P、Q：过程 I/O（输入/输出模块）被直接调用

常数 K：表示一个固定的数值

块 OB、PB、FB、DB：用来构成程序

例如：

I	2.	1	表示输入字节 2 的位 1
Q	1.	5	表示输出字节 1 的位 5
F	100.	0	表示标志位字节 100 的位 0

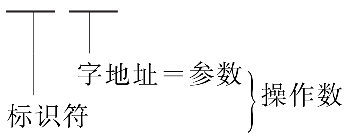


定时器和计数器使用字地址，没有位地址。

例如：

T　15

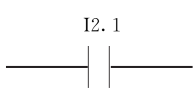
C　7



5.4.5　梯形图符号

STEP5 语言可以使用梯形图编程，维修人员比较熟悉这种方式，简单易懂。使用的符号与继电器电气原理图使用的符号类似，下面介绍几种梯形图的常用符号。

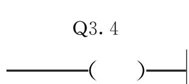
1. 常开触点符号



2. 常闭触点符号



3. 等效继电器线圈



5.4.6　STEP5 语言的基本操作

STEP 语言的基本操作包括逻辑操作，装入和传送操作，定时、

计数操作，比较操作，算术操作，块调用操作，块结束操作以及其他包括停止操作、空操作等辅助操作。在组织块、程序块、功能块和顺序块中都可以使用这些操作。下面介绍 STEP5 语言的一些基本操作。

1．二进制逻辑运算

（1）“与”（AND）操作

1）语句表助记符为 A，表达如下：

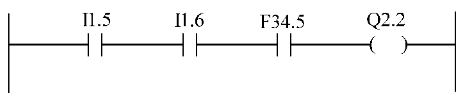
A　I　1.5

A　I　1.6

A　F 34.5

＝　Q　2.2

2）梯形图表示法：“与”操作用梯形图表达为几个触点串联，如：



（2）“与非”（AND NOT）操作

1）语句表助记符为 AN，表达如下：

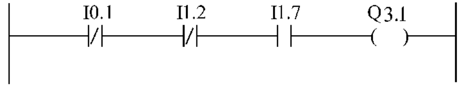
AN　I　0.1

AN　I　1.2

A　　I　1.7

＝　　Q　3.1

2）梯形图表示法：在梯形图表示法中“与”为串联，“非”使用常闭触点，如：



（3）“或”（OR）操作

1）语句表助记符为 O，表达如下：

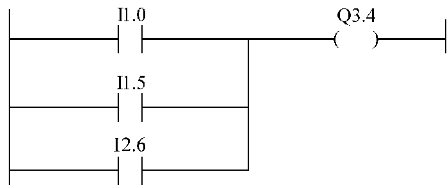
O　I　1.0

O　I　1.5

O　I　2.6

=　Q 3.4

2）梯形图表示法：在梯形图表示法中“或”为触点并联，如：



（4）“或非”（OR NOT）操作

1）语句表助记符为ON，表达如下：

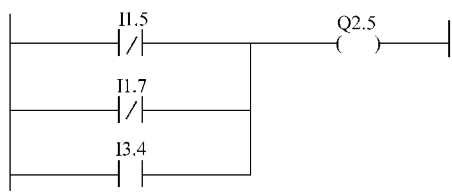
ON　I　1.5

ON　I　1.7

O　　I　3.4

=　　Q　2.5

2）梯形图表示法：在梯形图表示法中“或非”为常闭触点并联，如：



（5）先“与”后“或”操作

1）语句表表达方式：

A　I　0.1

A　I　0.2

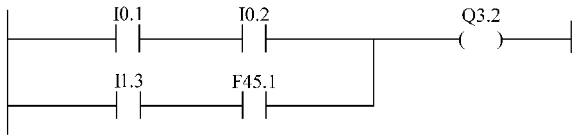
O

A　I　1.3

A　F　45.1

=　Q　3.2

2）梯形图表示法：



（6）先“或”后“与”操作

1）语句表表达方式：

O　F　36.0

O

A　I　1.5

A（

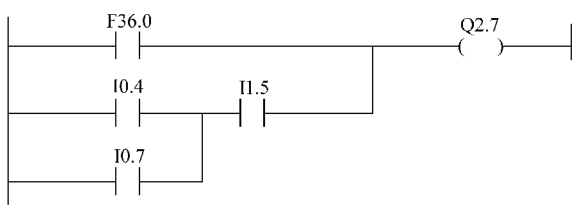
O　I　0.4

O　I　0.7

）

＝　Q　2.7

2）梯形图表示法：



（7）多点输出

1）语句表表达方式：

A（

ON　I　6.5

O　Q　0.6

）

A（

O　F　35.7

O　I　7.3

)

A　I　1.1

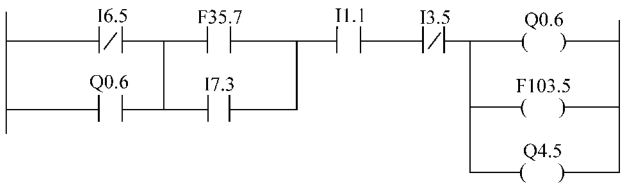
AN　I　3.5

=　Q　0.6

=　F　103.5

=　Q　4.5

2）梯形图表示法：



2. 存储器操作

（1）先置位后复位的 RS 触发器

1）语句表表示法：

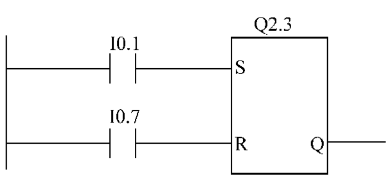
A　I　0.1

S　Q　2.3

A　I　0.7

R　Q　2.3

2）梯形图表示法：



（2）先复位后置位的 RS 触发器

1）语句表表示法：

A　I　11.2

R　F　42.3

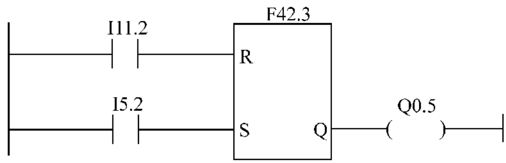
A　I　5.2

S　F　42.3

A　F　42.3

＝　Q　0.5

2）梯形图表示法：



3. 装入操作

装入操作和传送操作有 3 种功能：在各操作数之间交换信息，为定时器、计数器准备数据和为程序处理器装入常数。装入或者传送操作数都是通过 CPU 中的累加器完成的。810T/M 系统的 PLC 有两个累加器 Accu1 和 Accu2，它们都是 16 位累加器，可以用字节或字的形式装入和传送允许的操作数。为了以字节进行交换，字节信息以右侧（即低位字节）对齐存储。装入和传送不影响条件码。

L 是装入操作码，功能是将操作数内容复制到累加器 Accu1 中。原 Accu1 中的内容被移到 Accu2 中，Accu2 中原来的内容丢失。

T 是传送操作码，其作用是将累加器 Accu1 中的内容赋值给操作数，Accu1 中的内容不变。

表 5-1 是装入和传送操作指令表。

当使用 KT 指令时，后面跟随的延时数据带有小数点，小数点后面的数值只能为 0、1、2、3，为时基数据，如：

0＝0.01s　　2＝1s

1＝0.1s　　3＝10s

例如：LT20.1；时间常数 T＝20×0.1s＝2s，即时间常数为 2s。

表 5-1　装入和传送操作指令表

操　作		
L　□　□ T　□　□ 　　↑　↑	装入 传送	

（续）

操　作			
I	B	0～127	一个输入字节
I	W	0～126	一个输入字
I	D	0～124	一个输入双字节
Q	B	0～127	一个输出字节
Q	W	0～126	一个输出字
Q	D	0～124	一个输出双字节
F	B	0～225	一个标志字节
F	W	0～254	一个标志字
F	D	0～252	一个标志双字节
D	R	0～255	一个数据的右字节
D	L	0～255	一个数据的左字节
D	W	0～255	一个数据字
D	D	0～254	一个数据双字
T		0～127	一个定时器
C		0～127	一个计数器
P	B	0～255	一个数字量输入/输出字节
P	W	0～126	一个数字量输入/输出字
K	M	16 位二进制组合 0000 0000 0000 0000 ～ 1111 1111 1111 1111	一个 16 位二进制数组合的常数
K	H	0～FFFFH	一个十六进制编码的常数
K	F	0～（2^{16}～1）	一个定点的常数
K	Y	0～255	一个双字节常数
K	B	0～255	一个单字节常数
K	S		一个由两个 ASCII 码字符组成的常数
K	G	$\pm 0.1469368\times10^{-38}$ ～	一个浮点常数
K	T	$\pm 0.1701412\times10^{+39}$	一个定时器值（常数）
K	C	0.0～999.3 0～999	一个计数器值（常数）

4．定时器操作

西门子 810T/M 系统 PLC 的定时器编号从 T0～T31（依赖于 PLC 机床数据 MD6 的设定）。一个定时器启动时，把累加器 Accu1 中的数据字用作定时值。定时器操作之前，要用装入语句 L 初始化

Accu1。此时的 L 语句中标识符限定使用 KT、DW、IW、QW 和 FW。L 语句的参数给出时间基值和定时标值。

（1）脉冲定时器　条件满足时，即逻辑运算结果 RLO 为“1”时，其前沿启动定时器，这时定时器输出为“1”；RLO 为“0”时，定时器停止工作。如果 RLO 持续为“1”，计时时间到后，定时器的输出变为“0”，详见时序图 5-13 所示。

1）语句表表示法：

A　I　1.3

L　KT10.2

SP　T3

A　T3

=　Q5.6

2）梯形图表示法：

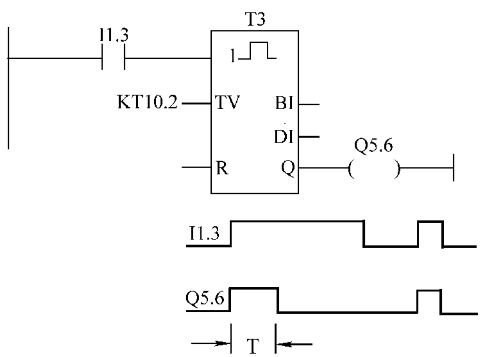


图 5-13　脉冲定时器时序图

（2）扩展脉冲定时器　条件满足时，即逻辑运算结果 RLO 为“1”时，其前沿启动定时器，这时定时器输出为“1”，不管 RLO 持续为“1”，还是变为“0”，定时器输出都持续为“1”，直到计时时间到后，定时器的输出才变为“0”，只有下一次 RLO 从“0”变为“1”，该定时器才能再一次工作，详见时序图 5-14 所示。

1）语句表表示法：

A　I　2.5

L　KT 8.2

SE　T2

A　 T2

＝　Q 2. 5

2）梯形图表示法：

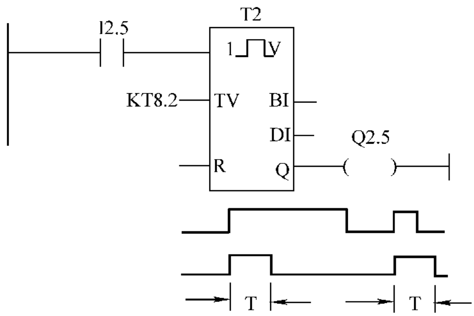


图 5-14　扩展脉冲定时器时序图

（3）接通延时定时器　RLO 为“0”时，定时器不工作；RLO 变为“1”时，定时器开始延时，但输出仍然为“0”，当计时时间到后，定时器输出为“1”，详见时序图 5-15 所示。

1）语句表表示法：

A　 I 1. 7

L　 IW 11

SD　T4

A　 T4

＝　Q 1. 2

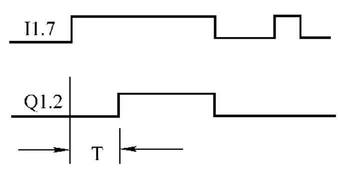
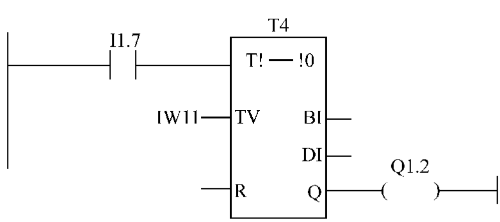


图 5-15　接通延时定时器时序图

2）梯形图表示法：



（4）带保持的接通延时定时器　RLO 的前沿启动定时器，RLO 变为“1”时，定时器开始延时，定时时间到后，定时器输出变为

“1”。定时器触发后，不受 RLO 的影响。在 RLO 变为“0”后，只有复位脉冲到时，定时器的输出才变回“0”，详见时序图 5-16 所示。在使用带保持的接通延时定时器时，要注意复位问题。

1）语句表表示法：

```
A     I  2.4
L     FW 12
SS    T5
A     I  3.5
R     T5
A     T5
=     Q 2.3
```

2）梯形图表示法：

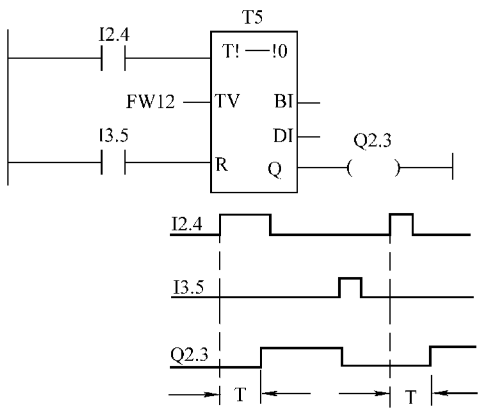


图 5-16　带保持的接通延时定时器时序图

（5）断开延时定时器　RLO 为“1”时，定时器的输出为“1”；RLO 变为“0”时，定时器开始延时，这时定时器的输出仍然为“1”，直到延时时间到，其输出才变为“0”，详见时序图 5-17 所示。

1）语句表表示法：

```
A     I  1.6
L     DW 21
```

SF　T6

A　T6

=　Q 3.6

2）梯形图表示法：

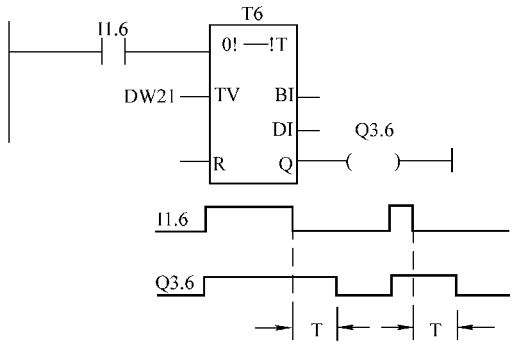


图 5-17　断开延时定时器时序图

R 是定时器复位操作：当 RLO 为“1”时，R 操作使定时器复位到初始值；当 RLO 为“0”时，定时器不受影响。R 复位使定时器输出 Q 为“0”状态。

5. 计数器操作

810T/M 系统 PLC 的计数器编号从 C0～C31，计数范围从 0～999，用 3 位 BCD 码表示。计数器工作方式有两种：向上计数和向下计数。当现行计数值变为零时，计数器输出为“0”；当现行计数值不为零时，计数器输出为“1”。S 和 R 分别使计数器置位和复位。

（1）计数器置位 S　如果逻辑运算结果 RLO 为“1”，为计数器送入一个计数数值。

1）语句表表示法：

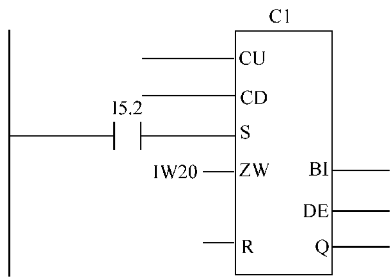
A　I　5.2

L　IW20

S　C1

2）梯形图表示法：

（2）计数器复位 R　如果逻辑运算结果 RLO 为“1”，把计数器



设定为“0”，即将计数器清空。

1）语句表表示法：

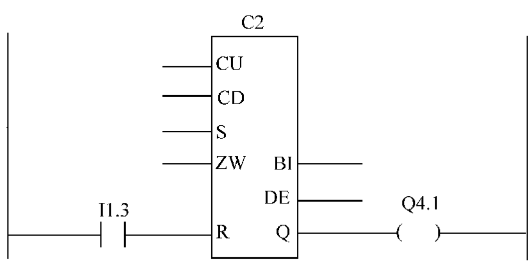
A　I　1.3

R　C　2

A　C　2

=　Q　4.1

2）梯形图表示法：



（3）加法计数“CU”

1）语句表表示法：

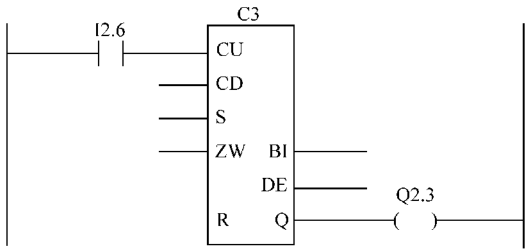
A　I　2.6

CU C　3

A　C　3

=　Q　2.3

2）梯形图表示法：



3）加法计数时序图如图 5-18 所示。

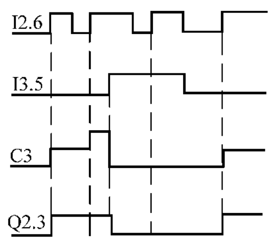


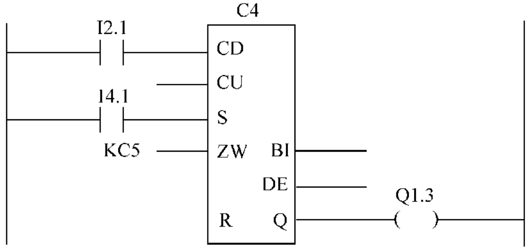
图 5-18　加法计数时序图

（4）减法计数“CD”

1）语句表表示法：

A	I	2.1
CD	C	4
A	I	4.1
L	KC	5
S	C	4
A	C	4
=	Q	1.3

2）梯形图表示法：



3）减法计数时序图如图 5-19 所示。

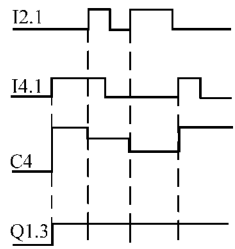


图 5-19　减法计数时序图

6. 比较操作

比较操作比较累加器 1（Accu1）和累加器 2（Accu2）的内容。比较操作不改变累加器中的内容。执行比较操作前要将被比较的数分别送入两个累加器。这两个数据的格式必须相同。比较操作结果影响逻辑操作结果 RLO。比较条件满足时 RLO 为“1”，否则 RLO 为“0”。比较操作有如下 6 种指令：

（1）等于比较！＝□[㊀]；若（Accu1）＝（Accu2），RLO＝1。

1）语句表表示法：

L IB 17

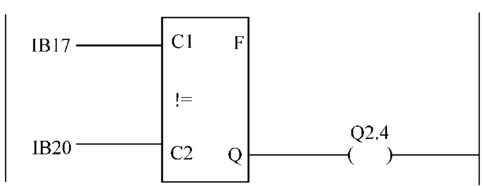
L IB 20

！＝F

＝Q2.4

（IB17→Accu2，IB20→Accu1）

2）梯形图表示法：



（2）不等于比较＞＜□；若（Accu1）≠（Accu2），RLO＝1。

1）语句表表示法：

L DW15

㊀ 方块中的符号可以是 F（比较两个定点数）、G（比较两个浮点数）、D（比较两个双字节的定点数）。余同。

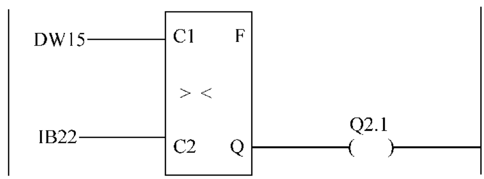
L IB 22

＞＜F

＝Q2.1

（DW15→Accu2，IB22→Accu1）

2）梯形图表示法：



（3）大于比较＞□；若（Accu2)＞(Accu1)，RLO＝1。

1）语句表表示法：

A FD 10

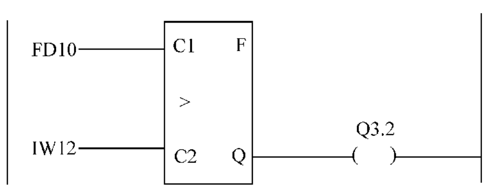
L IW 12

＞F

＝Q3.2

（FD10→Accu2，IW12→Accu1）

2）梯形图表示法：



（4）大于等于比较＞＝□；若（Accu2)≥(Accu1)，RLO＝1。

1）语句表表示法：

L DD12

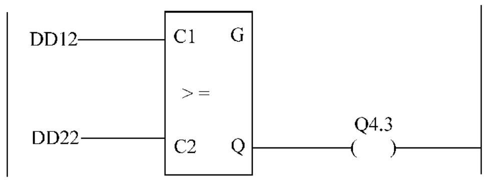
L DD22

＞＝G

＝Q4.3

（DD2→Accu2，DD22→Accu1）

2）梯形图表示法：



（5）小于比较<□；若（Accu2）<（Accu1），RLO=1。

1）语句表表示法：

L IB 61

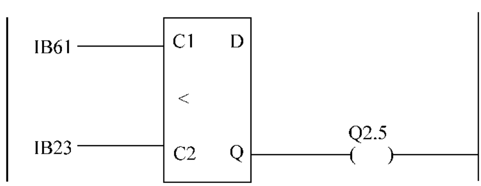
L IB 23

<　D

=Q2.5

（IB61→Accu2，IB23→Accu1）

2）梯形图表示法：



（6）小于等于比较<=□；若（Accu2）≤（Accu1），RLO=1。

1）语句表表示法：

L DD 5

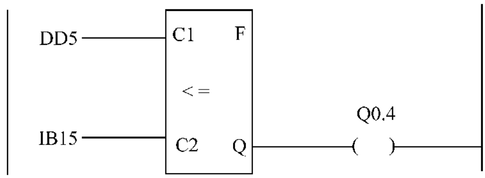
L IB 15

<=F

=Q0.4

（DD5→Accu2，IB15→Accu1）

2）梯形图表示法：



7. 块调用操作

块调用操作指定结构化程序的执行顺序。它包括无条件跳转、有条件跳转、调用数据块以及生成和删除数据块等。

1）无条件跳转指令 JU。标识符可用 OB、PB、FB 和 SB。无论 RLO 的状态为何值，程序都跳转到目标地址继续执行。该操作结果不影响 RLO。例如 JU　PB55，执行该语句后，程序跳转到 PB55。

2）有条件跳转指令 JC。标识符可用 OB、PB、FB 和 SB。当 RLO 为“1”时，程序跳转到目的地址继续进行；否则继续向下执行程序。执行 JC 操作后，RLO 的状态为“1”。例如：

```
A     I 1.0
JC    PB10
JU    PB11
BE
```

I1.0 的状态为“1”时，程序跳转到 PB10；I1.0 的状态为“0”时，不跳转到 PB10，向下执行程序 JU　PB11，跳转到 PB11。

3）调用数据块 C。标识符只能用 DB，参数序号从 1～255。无论 RLO 状态如何，由标识符和参数共同确定的数据块被激活。该数据块成为当前可用数据块。C 操作不影响 RLO 状态。例如：

C　DB80；打开数据块 DB80。

8. 块结束操作

块结束操作有 BE、BEC 和 BEU 3 种指令。

1）BE 是块结束操作。它总是一个块的最后一个语句，代表一个块的终止，并返回到调用当前块的那个块中。数据块不需要 BE 语句。

2）BEC 是有条件块结束操作。当逻辑操作结果 RLO 为“1”时，执行 BEC 操作后，结束本块，返回到调用当前块的那个块中；

若 RLO 为“0”，BEC 不起作用，程序在本块继续向下执行。执行完 BEC 后，RLO 的状态为“1”。

3）BEU 是无条件块结束操作。它在块的中间引起一次块内返回，但是跳转操作可以使 BEU 操作分支。

```
例如：    A   I1.1
          BEC
NEXT：    A   I1.2
          JC CON
          BEU
CON：     .
          .
          .
          BE
```

当 I1.1 的状态为“1”时，执行 BEC 操作，结束本块；当 I1.1 的状态为“0”时，执行其后的 NEXT 程序；如果 I1.2 的状态为“1”，执行有条件跳转指令 JC，跳过 BEC，执行 CON 程序；如果 I1.2 的状态为“0”，不执行 JC，继续向下执行 BEU，结束本块，返回调用块。

BE 和 BEU 操作都不改变 RLO 的状态。

9. 其他操作

1）程序结束操作 STP。它使程序终止，同时读出 PIQ 状态，PLC 进入“STOP”方式。

2）空操作 NOP 0，使当前内存中字单元的 16 位全复位为“0”。

3）空操作 NOP 1，使当前内存中字单元的 16 位全置为“1”。

5.5 发那科 PMC—L 语言

本节以日本发那科公司 FANUC 0TC 系统的 PMC—L 为例，对其可编程序机床控制器 PMC 指令的系统进行介绍。发那科可编程序控制器称之为可编程序机床控制器 PMC（Program Machine Controller），专门为数控机床设计的。在发那科系统的 PMC 中，规格型号不同时，只是功能指令的数目有所不同，除此之外，指令系统是完全相同的。通常发那科系统的 PMC 有 PMC—L、PMC—M 两种规格，

后者在功能上强于前者。

PMC—L 有两类指令：基本指令组和功能指令组。在机床用户程序设计时，使用最多的是基本指令组，基本指令组共有 12 条指令。功能指令便于机床特殊运行控制的编程，功能指令组有 35 条指令。

在基本指令和功能指令执行中，用一个堆栈寄存器暂存逻辑操作的中间结果，堆栈寄存器 9 位（图 5-20），按先进后出、后进先出的原理工作。当前操作结果压入时，堆栈各原状态全部左移一位；相反取出操作结果时，堆栈全部右移一位，最后压入的信号首先恢复读出。

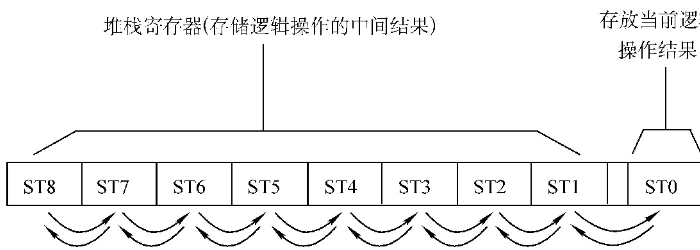


图 5-20　堆栈寄存器操作顺序

5.5.1　基本指令组

基本功能指令组共有 12 条，指令及处理内容见表 5-2。

表 5-2　基本指令和处理内容

序号	指　　令	处 理 内 容
1	RD	读指令信号的状态，并存入 ST0 中，一个梯形图开始的节点在常开节点时使用
2	RD. NOT	将信号的“非”状态读出，并存入 ST0 中。一个梯形图开始的节点在常闭节点时使用
3	WRT	输出运算结果（ST0 的状态）到指定地址
4	WRT. NOT	输出运算结果（ST0 的状态）的“非”状态到指定地址
5	AND	将 ST0 的状态与指定地址的信号进行“与”运算后，再存入 ST0 中
6	AND. NOT	将 ST0 的状态与指定地址信号的“非”状态进行“与”运算后，再存入 ST0 中
7	OR	将指定地址的信号状态与 ST0 进行“或”运算后，再存入 ST0
8	OR. NOT	将指定地址的信号状态取“非”与 ST0 进行“或”运算后，再存入 ST0

（续）

序号	指　　令	处 理 内 容
9	RD. STK	堆栈寄存器左移一位，并将指定地址的状态存入 ST0 中
10	RD. NOT. STK	堆栈寄存器左移一位，并将指定地址的状态取“非”存入 ST0 中
11	AND. STK	将 ST0 与 ST1 的内容进行“与”运算，结果存入 ST0，堆栈寄存器右移一位
12	OR. STK	将 ST0 与 ST1 的内容进行“或”运算，结果存入 ST0，堆栈寄存器右移一位

基本指令格式如下：

□　　　　○○○○·○

基本指令　　　　地址号　位号

地址号的前面必须有一个字母，它表示信号的种类，具体见表 5-3。

表 5-3　地址号的字母代号

符　　号	信号的种类
X	PMC 接收机床来的输入信号
Y	PMC 向机床的输出信号
F	PMC 接收从 NC 系统来的输入信号
G	PMC 向 NC 系统的输出信号
R	内部继电器
D	保持型存储器的数据

下面介绍这 12 条指令的使用。

1. 读入信号指令 RD

1）格式：

RD　○○○○·○

地址号　位号

2）功能：读出指定地址的信号状态，并存入 ST0 中。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

——| |——

2. 读入信号非指令 RD. NOT

1）格式：

RD. NOT　○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将指定地址的信号状态取非读出，并存入 ST0 中。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

——————|/|——————

3. 写入指令 WRT

1）格式：

WRT ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将逻辑运算结果输出到指定的地址。

3）信号范围：Y、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

——————○——————

4. 写入非指令 WRT. NOT

1）格式：

WRT. NOT ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将逻辑运算结果取非之后输出到指定的地址。

3）信号范围：Y、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

——————◦○——————

5. "与"操作指令 AND

1）格式：

AND ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将 ST0 的状态与指定地址的信号状态进行"与"操作后，存入 ST0。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

————||————||————

6．“与非”操作指令 AND. NOT

1）格式：

AND. NOT ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将 ST0 的状态与指定地址的信号的“非”状态进行“与”操作后，存入 ST0。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：

————||————|/|————

7．“或”操作指令 OR

1）格式：

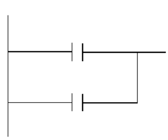
OR ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将 ST0 的状态与指定地址的信号状态进行“或”操作后，存入 ST0。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：



8．“或非”操作指令 OR. NOT

1）格式：

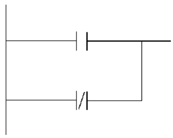
OR ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　　位号

2）功能：将 ST0 的状态与指定地址的信号的“非”状态进行“或”操作后，存入 ST0。

3）信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4）梯形图表达形式：



9. 位移读入指令 RD. STK

1） 格式：

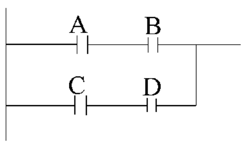
RD. STK ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　位号

2） 功能：堆栈寄存器左移一位，并将指定地址的状态存入 ST0。

3） 信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4） 梯形图表达形式：



将堆栈左移一位（即将 A 与 B 逻辑“与”的结果从 ST0 移到 ST1），然后将 C 的状态存入 ST0。

10. 位移读入取非指令 RD. NOT. STK

1） 格式：

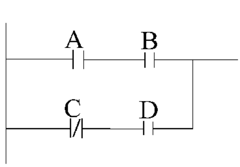
RD. NOT. STK ○ ○ ○ ○ · ○

地址号　位号

2） 功能：堆栈寄存器左移一位，并将指定地址的状态取非，然后存入 ST0。

3） 信号范围：X、Y、F、G、R、D。

4） 梯形图表达形式：



将堆栈左移一位（即将 A 与 B 逻辑“与”的结果从 ST0 移到 ST1），然后将 C 的状态取非存入 ST0。

11. “与”操作与位移指令 AND. STK

1）格式：

AND. STK ○ ○ ○ ○ • ○

地址号　　位号

2）功能：放在 ST0 的运算结果与放在 ST1 的运算结果进行逻辑“与”，将运算结果存入 ST1，将寄存器右移 1 位，然后取到 ST0。

3）梯形图表达形式见图 5-21 及表 5-4。

12. “或”操作与位移指令 OR. STK

1）格式：

OR. STK ○ ○ ○ ○ • ○

地址号　　位号

2）功能：放在 ST0 的运算结果与放在 ST1 的运算结果进行逻辑“或”，将运算结果存入 ST1，将寄存器右移 1 位，然后取到 ST0。

3）梯形图表达形式见图 5-21 及表 5-4。

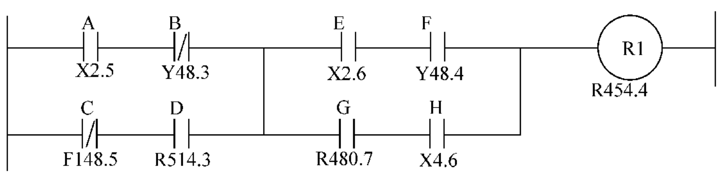


图 5-21　梯形图举例

表 5-4　梯形图 5-21 的编码表

序号	指　　令	地址号位数	备注	运算结果状态		
				ST2	ST1	ST0
1	RD	X2. 5	A			A
2	AND. NOT	Y48. 3	B			$A \cdot \overline{B}$
3	RD. NOT. STK	F148. 5	C		$A \cdot \overline{B}$	$\overline{C}$
4	AND	R514. 3	D		$A \cdot \overline{B}$	$\overline{C} \cdot D$
5	OR. STK					$(A \cdot \overline{B})+(\overline{C} \cdot D)$

（续）

序号	指　　令	地址号位数	备注	运算结果状态		
				ST2	ST1	ST0
6	RD. STK	X2. 6	E		$(A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D)$	E
7	AND	Y48. 4	F		$(A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D)$	$E\cdot F$
8	RD. STK	R480. 7	G	$(A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D)$	$E\cdot F$	G
9	AND	X4. 6	H	$(A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D)$	$E\cdot F$	$G\cdot H$
10	OR. STK				$(A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D)$	$(E\cdot F)+(G\cdot H)$
11	AND. STK					$((A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D))\cdot((E\cdot F)+(G\cdot H))$
12	WRT. STK	R454. 4	R1			$((A\cdot\overline{B})+(\overline{C}\cdot D))\cdot((E\cdot F)+(G\cdot H))$

5.5.2　功能指令组

PMC—L 型 PMC 功能指令组共有 35 条指令，以满足数控机床信息处理和动作控制的特殊需要。例如由 CNC 输出的 M、T 二进制代码信号的译码（DEC）；机械运动状态或液压系统动作状态的延时（TMR）确认；加工零件的计数（CTR）；刀库、分度工作台沿最短路径旋转和现在位置至目标位置步数的计算（ROT）；换刀时数据检索（DSCH）和数据变址传送指令（XMOV）等。对于上述的译码、定时、计数、最短路径选择，以及比较、检索、转移、代码转换、四则运算、信息显示等控制功能，仅用一位操作的基本指令就是功能指令。功能指令都是一些子程序，应用功能指令就是调用相应的子程序。

表 5-5 列出了 35 种功能指令和处理内容。

1. 指令格式

功能指令不能使用继电器的符号，必须使用图 5-22 所示的符号格式。这种格式包括控制条件、指令、参数和输出几个部分。表 5-6 为图 5-22 的编码表。

表 5-5 功能指令和处理内容

序号	指令		处理内容
	格式 1（梯形图）	格式 2（程序输入）	
1	END1	S1	1 级（高级）程序结束
2	END2	S2	2 级程序结束
3	END3	S48	3 级程序结束
4	TMR	T	定时器处理
5	TMRB	S24	固定定时器处理
6	DEC	D	译码
7	CTR	S5	计数处理
8	ROT	S6	旋转处理
9	COD	S7	代码处理
10	MOVE	S8	数据“与”后传输
11	COM	S9	公共线控制
12	COME	S29	公共线控制结束
13	JMP	S10	跳转
14	JMPE	S30	跳转结束
15	PARI	S11	奇偶检查
16	DCNV	S14	数据转换（二进制与 BCD 转换）
17	COMP	S15	比较
18	COIN	S16	符合检查
19	DSCH	S17	数据检索
20	XMOVE	S18	变址数据传输
21	ADD	S19	加法运算
22	SUB	S20	减法运算
23	MUL	S21	乘法运算
24	DIV	S22	除法运算
25	NUME	S23	定义常数
26	PACTL	S25	位置 Mate—A
27	CODE	S27	二进制数比较
28	DCNVE	S31	扩散数据转换
29	COMPB	S32	二进制数比较
30	ADDB	S36	二进制加
31	SUBB	S37	二进制减
32	MULB	S38	二进制乘
33	DIVB	S39	二进制除
34	NUMEB	S40	定义二进制常数
35	DISP	S49	在 NC 的 CRT 上显示信息

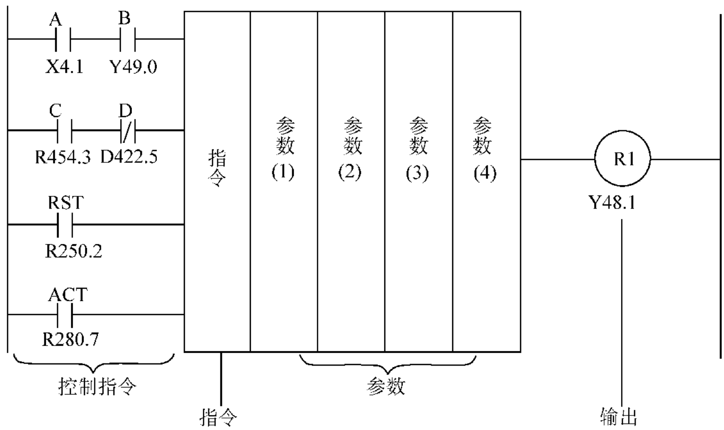


图 5-22 功能指令格式构成

表 5-6 图 5-22 的编码表

序号	指令	地址号位数	备注	运算结果状态			
				ST3	ST2	ST1	ST0
1	RD	X4.1	A				A
2	AND	Y49.0	B				A · B
3	RD. STK	R454.3	C			A · B	C
4	AND. NOT	D422.5	D			A · B	$C\cdot\overline{D}$
5	RD. STK	R250.2	RST		A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST
6	RD. STK	R280.7	ACT	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
7	SUB	○○	指令	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
8	(PRM)	○○	参数 1	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
9	(PRM)	○○○○	参数 2	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
10	(PRM)	○○○○	参数 3	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
11	(PRM)	○○○○	参数 4	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT
12	WRT	Y48.1	R1 输出	A · B	$C\cdot\overline{D}$	RST	ACT

指令格式中各部分内容详细介绍如下：

1）控制条件。控制条件的数量和意义随功能指令的不同而变化。

控制条件存入堆栈寄存器中，其顺序是固定不变的。

2）指令。功能指令的指令见表 5-5，该表给出了指令的两种格式：格式 1 用于梯形图；格式 2 用于编程器输入程序时的简化指令。TMR 和 DEC 指令在编程器上有其他专用指令键，其他功能指令则用 SUB 键和其后的数字输入。

3）参数。功能指令与基本指令不同，可以处理各种数据，即数据或者存有数据的地址可以作为功能指令的参数，参数的数目和含义因指令而异。

4）输出。功能指令的执行情况可用一位“1”和“0”表示时，把它输出到继电器，继电器的地址可以随意定义，但有些功能指令不用继电器，如 MOVE、COM、JMP 等。

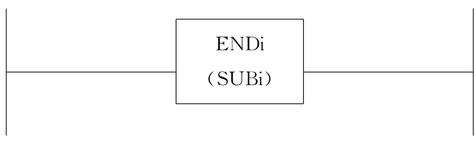
5）需要处理的数据。功能指令管理的数据通常是 BCD 码和二进制。4 位数的 BCD 码数据是按一定顺序放在相邻的两个存储单元中，分低两位和高两位存放。例如 BCD 码 2314 被存放在地址 200、201 单元中，则 200 单元中存低两位 14；201 单元中存高两位 23。在功能指令中只用参数指定低字节的 200 地址。二进制代码可以由一个字节、两个字节、四个字节数据组成，同样是低字节存在最小地址，在功能指令中也是用参数指定最小地址。

2. 部分功能指令介绍

发那科的 PMC—L 共有 35 条功能指令，限于篇幅，本书只介绍几条常用的指令。

（1）顺序程序结束指令（END1、END2） END1：高级顺序程序结束指令；END2：低级顺序程序结束指令。

指令格式如下：



其中 i＝1 或 2，分别代表高级和低级顺序程序结束指令。

一般数控机床的 PMC 程序处理时间为几十毫秒至上百毫秒，对数控机床的绝大多数信号，这个处理速度足够了；但对某些要求快速

响应的信号，尤其是脉冲信号，这个速度有时就会显得不够了。为了适应对不同控制信号的不同响应速度的要求，发那科 PMC—L 把 PMC 程序分为高级程序和低级程序。PMC 处理高级程序和低级程序是按“时间分割周期”分段进行的。在每个定时分割周期，高级程序都被执行一次，定时分割周期的剩余时间执行低级程序，故每个定时分割周期只可能执行低级程序的一部分。也可以说低级程序可能被分割成几部分，低级程序执行一次的时间可能是几倍的定时周期。

END1 在顺序程序中必须指定一次，其位置在高级顺序程序的末尾；当无高级顺序程序时，则在低级顺序程序的开头指定（一般把必须快速响应的信号，如急停信号、行程限位信号、进给保持信号的处理放在高级程序中），END2 在低级顺序程序的结尾指定。

（2）定时器指令 TMR　定时器指令是数控机床 PMC 编程中常用的指令。

1）功能：设定时间可以更改的延时定时器。

2）格式：TMR 的定时器格式如图 5-23 所示，其编码表见表 5-7。

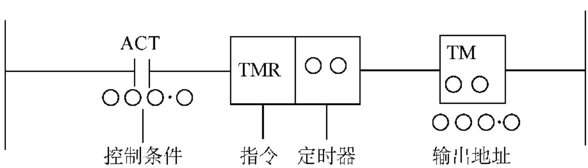


图 5-23　TMR 功能指令格式

表 5-7　图 5-23 的编码表

序　　号	指　　令	地址数 · 位数	备　　注
1	RD	○○○·○	ACT
2	TMR	○○	
3	WRT	○○○·○	TM○○

（3）固定时间定时器 TMRB　设定时间固定的定时器。TMRB 与 TMR 的区别在于，TMRB 所设定的时间编在梯形图中，在指令和定时器的后面加一项参数预设定时间，与顺序程序一起被写入

EPROM。所设定的时间不能用 CRT/MDI 改写。

（4）计数器指令 CTR　计数器指令用于梯形图事件的计数，控制形式可按需要选择，其功能指令格式如图 5-24 所示。

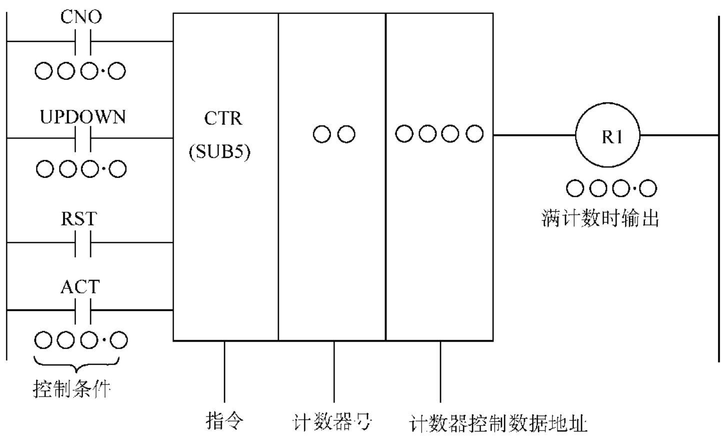


图 5-24　CTR 功能指令格式

指令格式说明：

1）初始值设定 CNO：

CNO＝0：计数器的初始值为 0，计数器从 0 开始计数；

CNO＝1：计数器的初始值为 1，计数器从 1 开始计数。

2）计数方式设定 UPDOWN：

UPDOWN＝“0”：计数器做加法计数；

UPDOWN＝“1”：计数器做减法计数。

注：做减法计数时初始值就是预置值，与 CNO 无关。无论是加法计数还是减法计数，预置值都是通过 CRT/MDI 方式在键盘上输入的。

3）复位 RST：

RST＝“0”：不复位；

RST＝“1”：复位，复位时 R1 变为“0”，计数器的累加值变为初始值。

4）计数信号 ACT：

ACT＝“0”：计数器不工作；

ACT＝“1”：计数器信号的上升沿触发工作，即 ACT 每通一次，计数器加 1 或减 1。

5）输出 R1：当计数器累加到预置值时，R1＝“1”。R1 的地址可任意确定。计数器的计数范围为 0～9999。

6）计数器号：计数器号从 1 开始排列。

7）计数器控制数据地址：计数器控制数据的起始地址。

计数器控制数据需要保持型存储器的区域中连续地址的 5 个字节的存储器，前两个字节为计数器的预置值，是在 CRT/MDI 方式下设定的。

（5）译码器指令 DEC　数控机床在执行加工程序中的 M、S、T 功能时，数控装置以 BCD 代码形式输出 M、S、T 代码信号。这些信号需要经过译码才能从 BCD 码状态转换成具有特定功能含义的一位逻辑状态。DEC 功能指令的格式如图 5-25 所示，其编码表见表 5-8。

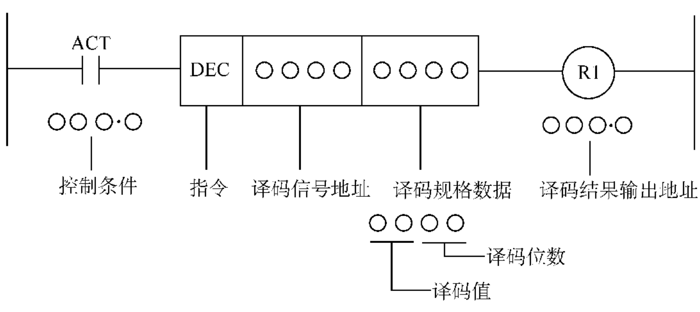


图 5-25　DEC 功能指令格式

表 5-8　图 5-25 的编码表

序　　号	指　　令	地址数 · 位数	备　　注
1	RD	○○○·○	ACT
2	DEC	○○○○	
3	（PRM）	○○○○	
4	WRT	○○○·○	R1 译码结果

译码信号地址是指 NC 至 PMC 的二字节 BCD 代码的信号地址。

译码规格数据由序号和译码位数两部分组成。其中，序号必须由两位数指定。例如对 M03 译码，这两位数即为 03；M27 即为 27。“译码位数”的设定有 3 种情况：

1）01：对低位数译码；

2）10：对高位数译码；

3）11：对两位数译码。

DEC 指令的工作原理：控制条件 ACT＝“0”时，不译码，译码结果继电器断开；ACT＝“1”时，允许译码。当指定译码信号地址中的代码信号状态与指定序号相同时，输出 R1＝“1”；反之 R1＝“0”。译码输出 R1 的地址由 PMC 编程者任意指定。

（6）旋转指令 ROT　旋转指令可以对刀库、回转工作台等实现选择最短路径的旋转方向；计算现在位置和目标位置之间的步数；计算目标前一个位置的位置数或达到目标前一个位置的步数。

旋转功能指令的格式如图 5-26 所示，其编码见表 5-9。这个指令有 6 个控制条件。

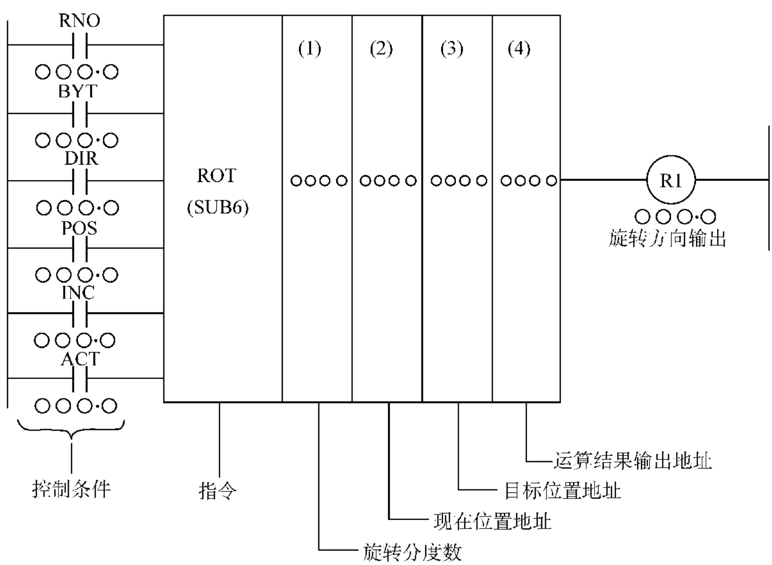


图 5-26　ROT 旋转指令格式

表 5-9　图 5-26 的编码表

序　号	指　令	地址数 · 位数	备　注
1	RD	○○○·○	RNO
2	RD. STK	○○○·○	BYT
3	RD. STK	○○○·○	DIR
4	RD. STK	○○○·○	POS
5	RD. STK	○○○·○	INC
6	RD. STK	○○○·○	ACT
7	SUB	6	ROT
8	(PRM)	○○○·○	旋转分度数
9	(PRM)	○○○·○	现在位置地址
10	(PRM)	○○○·○	目标位置地址
11	(PRM)	○○○·○	计算结果输出地址
12	WRT	○○○·○	旋转方向输出

1）指定起始位置数。RNO＝“0”，转子起始位置数为 0；RNO＝“1”，转子起始位置数为 1。

2）指定处理数据（位置数据）的位数。BYT＝“0”，指定两位 BCD 码；BYT＝“1”，指定 4 位 BCD 码。

（7）逻辑“与”后传输指令 MOVE　该指令的作用是把比较数据（梯形图中写入的）和处理数据（数据地址中存放的）进行逻辑“与”运算，并将结果传输到指定地址。也可用于将指定地址里的 8 位信号不需要的位消除掉。指令格式如图 5-27 所示。

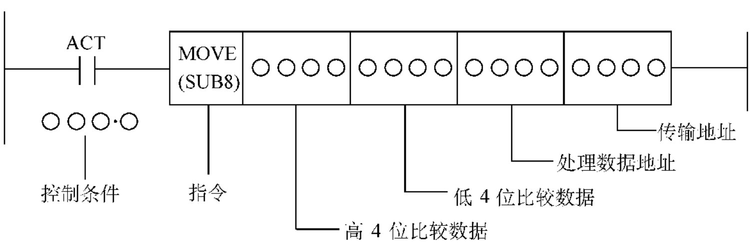


图 5-27　MOVE 指令的格式

当 ACT＝“0”时，不执行 MOVE 指令；

当 ACT＝“1”时，执行 MOVE 指令。

（8）符合检查指令 COIN　该指令用来检查参考值与比较值是否

一致，可用于检查刀库、转台等旋转体是否到达目标位置等。功能指令格式如图 5-28 所示。

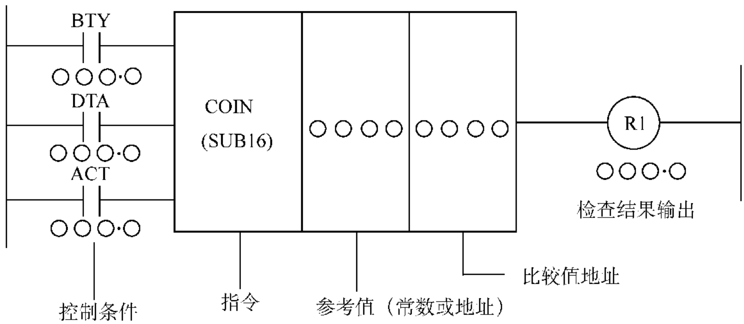


图 5-28　COIN 指令的格式

控制条件说明：

1）指定数据位数 BYT：BYT＝“0”，处理数据为两位 BCD 码；BYT＝“1”，处理数据为 4 位 BCD 码。

2）指定参考值格式 DAT：DAT＝“0”，参考值用常数指定；DAT＝“1”，指定存放参考值的数据地址。也有另一种格式把 DAT 条件放到指令方格后的参数 1 中，则条件少一行，而参数多一格。

3）执行命令 ACT：ACT＝“0”，不执行 COIN 指令；ACT＝“1”，执行 COIN 指令。

4）比较结果 R1：R1＝“0”时，参考值≠比较值；R1＝“1”时，参考值＝比较值。

5.6　机床侧故障报警机理

5.6.1　概述

现代数控系统都具有故障诊断功能，利用 PLC 用户程序，通过采集的现场信号进行逻辑判断，如果发现故障，产生报警信号传输到数控系统，由数控系统根据事先约定，显示报警信息。

5.6.2　西门子 810T/M 系统机床侧报警产生机理

西门子 810T/M 系统的 PLC6000～6063 故障报警和 7000～7063 操作信息显示的报警信息来自机床厂家编制的报警文本，该文本格式

如下：

%PCA

N6000＝EMERGENCY OFF SWITCH ACTIVE

⋮

N6063＝TAILST. CENTRE LIMIT SWITCH PAIR FAULT

N7000＝SLIDEING GUARD NOT CLOSE

⋮

N7063＝SWITCH CABINET DOOR OPEN

M02

西门子 810T/M 系统的报警文本只能在编程器或者计算机上编制，然后在数控系统初始化菜单中通过 RS232 接口传入数控系统，这个报警文本在 GA1 和 GA2 版本中只能传入不能传出，在 GA3 版本中既可以传入也可以传出。

出现故障报警后，报警号和报警信息显示在屏幕第二行的故障显示行上。

那么故障是如何检测出来的，又如何按照机床厂家编制的报警文本显示机床报警的呢？这些报警是 PLC 系统根据输入端子输入的故障检测信号，通过 PLC 用户逻辑程序把相应的标志位置位，产生报警信号。NC 系统与 PLC 之间有信号约定，PLC 的报警标志位与报警号和相应的报警信息是一一对应的，NC 系统根据从 PLC 传来的报警信号，把存储在存储器中的机床厂家编制的报警文本的相应报警信息调出，在屏幕上显示报警信息。表 5-10 是 810T/M 系统 PLC 标志位与报警号的关系。

表 5-10　PLC 标志位与报警号的关系

故障报警信息								
标志 \ 报警号 \ 位	7	6	5	4	3	2	1	0
FB 100	6007	6006	6005	6004	6003	6002	6001	6000
FB 101	6015	6014	6013	6012	6011	6010	6009	6008
FB 102	6023	6022	6021	6020	6019	6018	6017	6016
FB 103	6031	6030	6029	6028	6027	6026	6025	6024

（续）

故障报警信息								
位 / 报警号 / 标志	7	6	5	4	3	2	1	0
FB 104	6039	6038	6037	6036	6035	6034	6033	6032
FB 105	6047	6046	6045	6044	6043	6042	6041	6040
FB 106	6055	6054	6053	6052	6051	6050	6049	6048
FB 107	6063	6062	6061	6060	6059	6058	6057	6056

例如，如果 PLC 将 F106.6 置位，NC 系统就会产生 6054 号报警，并从存储器的报警文本中调出 6054 号的报警信息在显示器上显示。如果故障消除，按应答键可将 F106.6 复位，故障报警显示也随之消除。

7000～7063 号操作信息显示功能是西门子 810T/M 的系统设计者为数控机床制造厂家提供的，可为特定机床设计操作提示，一般不属于真正的报警（但有许多机床制造厂把这些也变成报警信息）。出现警示后，操作信息号和操作信息内容显示在屏幕上。这些操作信息是 PLC 根据检查相应的输入检测信号，通过 PLC 用户逻辑程序把相应的标志位置位，NC 系统查看到相应标志位置“1”后，从存储器中调出相应的报警文本，在屏幕上显示相应的错误信息。表 5-11 是 810T/M 系统 PLC 标志位与操作信息显示号的关系。

表 5-11　PLC 操作信息显示号与 PLC 标志位的关系

操作信息显示号								
位 / 报警号 / 标志	7	6	5	4	3	2	1	0
FB 108	7007	7006	7005	7004	7003	7002	7001	7000
FB 109	7015	7014	7013	7012	7011	7010	7009	7008
FB 110	7023	7022	7021	7020	7019	7018	7017	7016
FB 111	7031	7030	7029	7028	7027	7026	7025	7024
FB 112	7039	7038	7037	7036	7035	7034	7033	7032
FB 113	7047	7046	7045	7044	7043	7042	7041	7040
FB 114	7055	7054	7053	7052	7051	7050	7049	7048
FB 115	7063	7062	7061	7060	7059	7058	7057	7056

例如，如果PLC将FB112.2置位，NC系统就会产生7034号报警，并从存储器的报警文本中调出7034号的报警信息在显示器上显示。如果故障排除后，F112.2可能随之变为“0”，也可能按应答键才能将FB112.2复位（这依赖于机床制造厂家PLC用户程序是如何编制的），F112.2的状态变为“0”，故障报警显示也随之消失。

5.6.3 FANUC 0TC机床侧报警原理

FANUC 0TC系统的报警也是通过PMC用户程序综合传感器反馈回来的反馈信息产生报警信号，报警信号传递给数控系统，数控系统通过PMC提供的报警文本进行显示。

FANUC 0TC系统的PMC具有PMC报警显示指令（DISP），相应的报警标志位被置位后，该指令调用设定好的报警信息进行显示。

报警信号是数控系统规定好的，只要这些信号中的某个信号出现问题，数控系统就会调用相应的报警信息进行显示，同时显示报警号。

FANUC 0TC系统机床侧报警分为机床报警和操作信息两大部分，它们是机床制造厂家根据机床实际的情况编写的，用PMC控制程序根据机床反馈信号进行自诊断。按照FANUC PMC规定，机床故障的编号从1000到1999，操作信息的编号从2000到2999。原则上讲，出现机床报警时，数控系统立即进入进给暂停状态，而出现操作信息警示时，数控机床照常运行，仅对当前的操作给予说明。

FANUC 0TC系统PMC报警检测由PMC程序来完成，出现报警时，将相应的报警置位“1”，报警显示由NC执行。报警信息编制在PMC程序中，PMC有专用信息显示指令根据报警位的置位情况，并将相应的报警信息传送给NC，由NC将报警信息显示在屏幕上。

这个指令为信息显示指令（DISP），下面介绍其功能和使用。

（1）功能　用于将信息显示于NC的屏幕上，一条信息显示指令最多可以显示16条不同类型的显示信息。

（2）格式　如图5-29所示。

（3）控制条件

ACT＝0：不作信息处理，W1保持不变。

ACT＝1：指定信息被显示或删除。

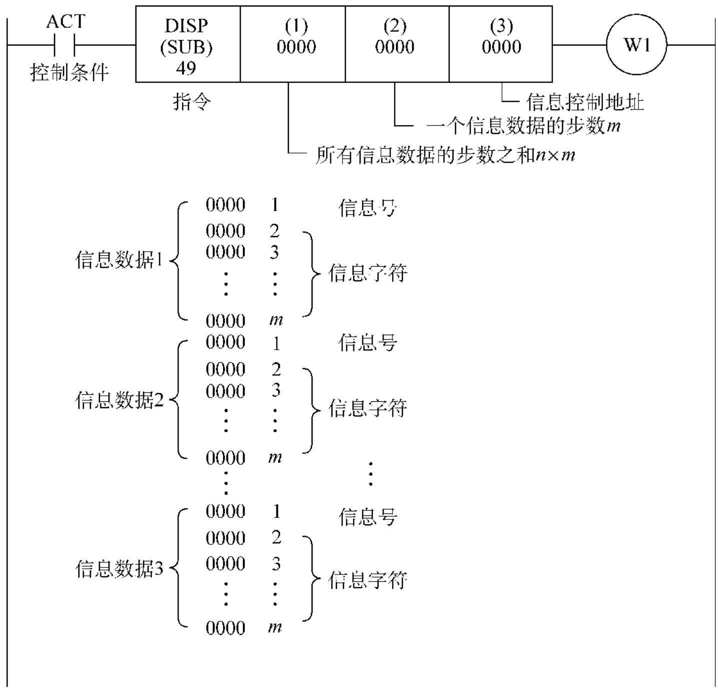


图 5-29 信息显示指令（DISP）的格式

（4）参数

1）信息数据的步数总和为 $m \times n$，一条信息显示指令最多可以显示 16 条信息，所以 n 最大为 16。

2）每条信息数据步数为 m，即每条显示信息由 m 个信息数据组成，设定步数后，一条信息显示指令中的每条显示数据的步数（数据数量）必须相同，如果少于 m，可用数字 0 来补充。

3）信息控制地址

一条信息显示指令的控制地址要求使用 4 个连续字节的中间继电器 R，4 个字节的数据定义与分配如图 5-30 所示。

信息控制地址中，前两个字节的 16 位依次为 1～16 个信息请求，如果其中某位为“1”，表示有信息显示请求，NC 根据这个请求从信息数据中调用显示数据进行显示。

显示请求	指定地址	信息数据8	信息数据7	信息数据6	信息数据5	信息数据4	信息数据3	信息数据2	信息数据1
	指定地址+1	信息数据16	信息数据15	信息数据14	信息数据13	信息数据12	信息数据11	信息数据10	信息数据9
显示状态	指定地址+2	信息数据8	信息数据7	信息数据6	信息数据5	信息数据4	信息数据3	信息数据2	信息数据1
	指定地址+3	信息数据16	信息数据15	信息数据14	信息数据13	信息数据12	信息数据11	信息数据10	信息数据9

图 5-30　信息控制地址

信息控制地址中，后两个字节的 16 位依次表示 1～16 个信息状态显示，其中为“1”的位表示相应的信息数据已在系统的显示器显示报警信息了。

（5）信息数据

信息数据为报警显示的信息包括：

1）信息号：第一信息数据为信息号。分类如下：

① 1000～1999 为报警信息，产生这类报警时，NC 进入一个故障状态。在 FANUC 0C 系统中这类显示信息的显示内容最多为 32 个字符（不包括信息号）。如果轴运动期间出现这类报警，系统进入进给保持状态。

② 2000～2099 为操作信息，出现这类报警时，NC 不进入故障报警状态，信息号显示在显示器上，显示的信息内容（不包括信息号）最多为 255 个字符。

③ 2100～2999 也为操作信息，与前者不同之处仅为信息号，信息不显示在显示器上。

2）信息字符。显示的信息字符是用二进制数表示的英文字母、数字和符号，常用的数字、符号和英文字母编码见表 5-12，每个信息字符可以指定两个数字或英文字母。

表 5-12　显示信息的数字、符号和英文字母编码表

指定数值	对应文字	指定数值	对应文字	指定数值	对应文字	指定数值	对应文字
47	/	58	.	69	E	80	P
48	0	59	;	70	F	81	Q
49	1	60	<	71	G	82	R

（续）

指定数值	对应文字	指定数值	对应文字	指定数值	对应文字	指定数值	对应文字
50	2	61	=	72	H	83	S
51	3	62	>	73	I	84	T
52	4	63	?	74	J	85	U
53	5	64	@	75	K	86	V
54	6	65	A	76	L	87	W
55	7	66	B	77	M	88	X
56	8	67	C	78	N	89	Y
57	9	68	D	79	O	90	Z

（6）处理结束标记 W1

W1＝0：处理结束。

W1＝1：正在处理中（ACT＝1 时，W1＝1）。

5.7 数控系统的 PLC 状态显示功能

5.7.1 概述

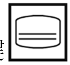
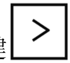
现代数控机床使用的数控系统基本上都有 PLC 输入/输出状态显示功能，如西门子 810T/M 系统 DIAGNOSIS（诊断）菜单下的 PLC STATUS（PLC 状态）功能、FANUC 0 系统 DGNOS PARAM（诊断参数）软件菜单下的 PMC 状态显示功能、日本 MITSUBISHI 公司 MELDAS L3 系统 DIAGN（诊断）菜单下的 PLC—I/F 功能、日本 OKUMA 系统的 CHECK DATA（检查数据）功能等。利用这些功能，可以直接在线观察 PLC 的输入和输出的瞬时状态，这些状态的监视对诊断数控机床的很多故障是非常便利的。

数控机床的有些故障可以直接根据故障现象和机床的电气原理图，查看 PLC 相关的输入/输出状态即可确诊故障。

5.7.2 西门子 810T/M 系统的 PLC 状态显示功能

西门子 810T/M 系统在诊断菜单中，可以实时显示 PLC 的各种状态，如输入状态、输出状态、标志位、数据位状态以及定时器和计

数器的状态等。这对故障检测非常有用。

在任何操作状态下，找到 DIAGNOSIS（诊断）功能。例如在自动操作状态下，用菜单转换键键和菜单扩展键键，找到图 5-31 所示的画面，按 DIAGNOSIS（诊断）下面的软键，进入 5-30 所示的诊断菜单。在诊断（DIAGNOSIS）菜单中，按 PLC STATUS（PLC 状态）下面的软键，进入 PLC 状态显示菜单，如图 5-32 所示，按 IW 下面的软键进入 PLC 输入状态显示画面，可以实时显示 PLC 的输入状态；按 QW 下面的软键进入 PLC 输出状态显示画面，可以实时显示 PLC 的输出状态；另外还可以检查标志位和数据位等的状态。

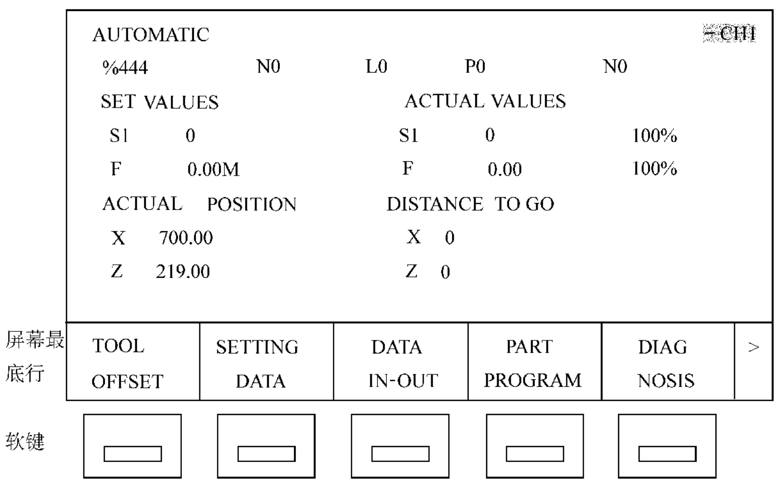


图 5-31　PLC 状态显示菜单

按“＞”按键进入 PLC 状态显示扩展菜单，如图 5-34 所示，可显示定时器和计数器的实时状态。

例如在图 5-33 所示的 PLC 状态显示菜单中，按 IW（输入字）下面的软键，进入 PLC 输入状态显示画面（图 5-35），通过键盘上的方向键和翻页键，可以找到所要观察的 PLC 输入点的状态。

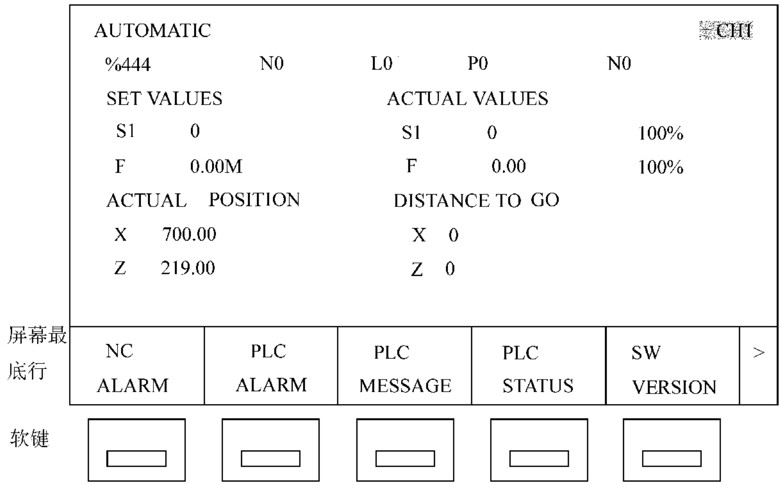


图 5-32 DIAGNOSIS 诊断菜单

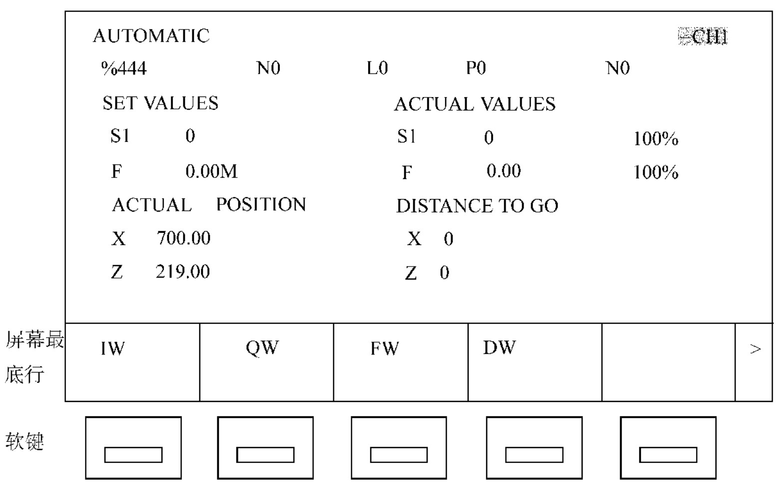


图 5-33 PLC 状态显示菜单

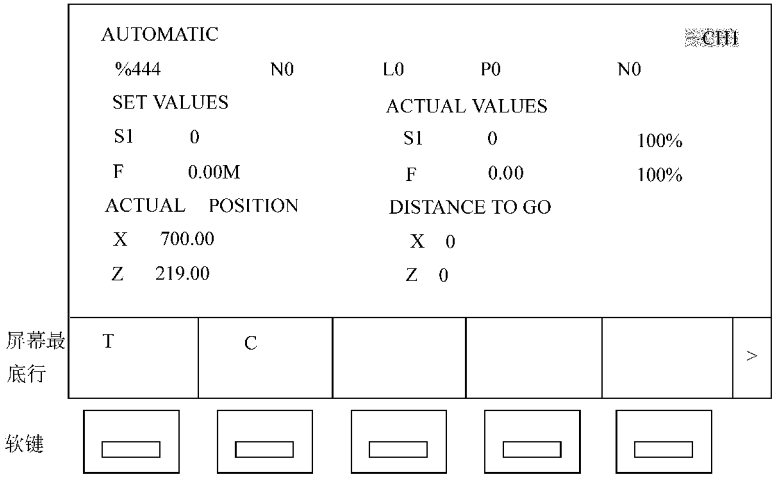


图 5-34 PLC 状态显示扩展菜单

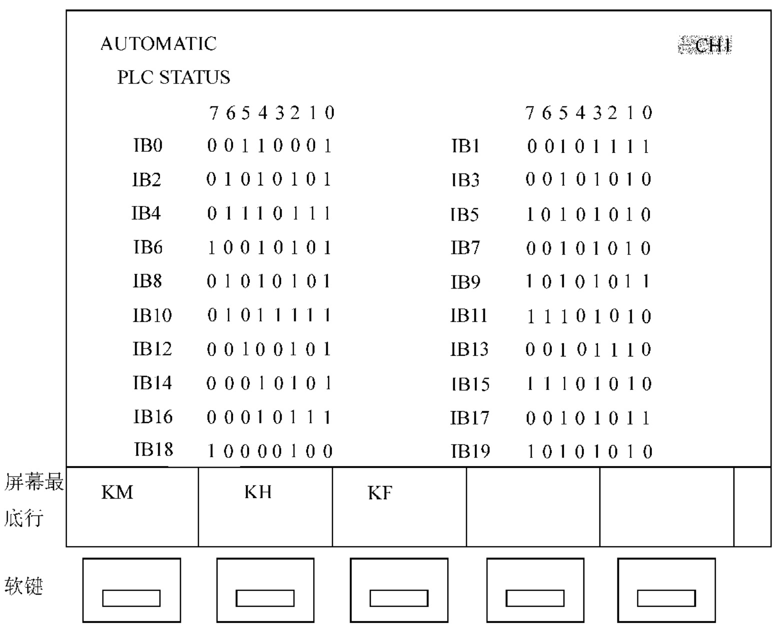


图 5-35 PLC 输入状态显示

5.7.3 FANUC 0C 系统 PMC 状态显示功能

FANUC 0C 系统具有 PMC 状态显示功能，可以显示 PMC 输入/输出接口的实时状态。按面板右侧的 DGNOS PARAM 按键，系统进入诊断初始画面，如图 5-36 所示，按该画面最下一行［诊断］下面的软键，或者再按一次 DGNOS PARAM 按键，进入 PMC 状态显示画面，如图 5-37 所示，显示 20 个 PMC 状态字节，按面板右侧的上下箭头按键可以翻页，也可以用 No. 键寻找所要观察的 PMC 的状态。FANUC 0 系统 PMC 中 X 代表 PMC 从机床侧接收的输入信号，Y 代表 PMC 到机床的输出信号，F 代表由 NC 向 PMC 的输出信号，G 代表 PMC 向 NC 的输出信号，R 是内部继电器，D 存储保持型存储器的数据。

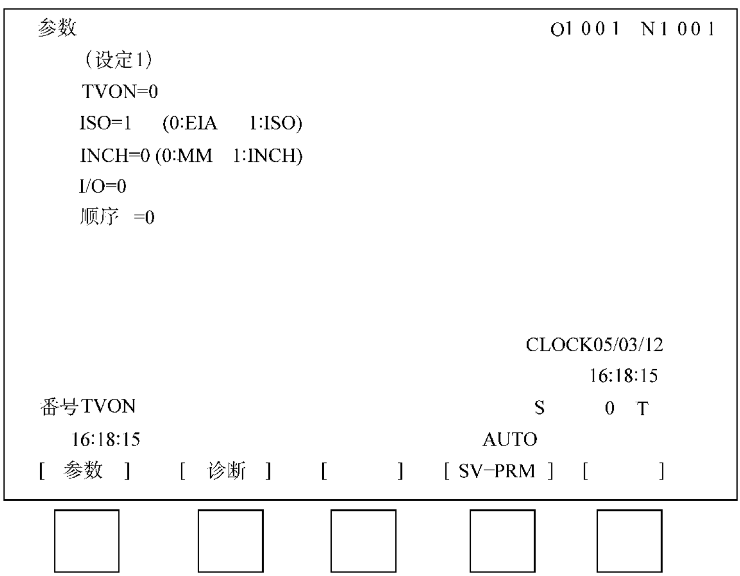


图 5-36 FANUC 0C 系统诊断初始画面

5.7.4 利用数控系统 PLC 状态显示信息诊断机床故障

一些数控机床的故障通过观察 PLC 的输入/输出状态显示信息，就可以找到故障原因，从而排除故障。下面介绍一些故障诊断、维修实例。

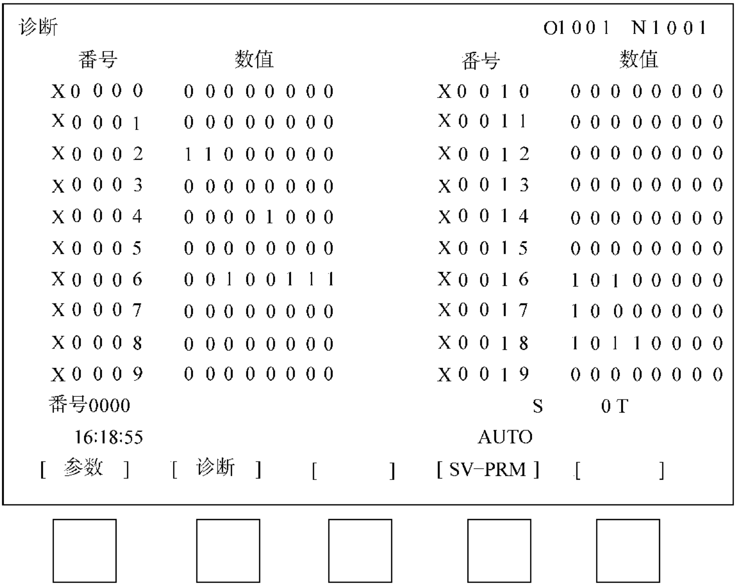


图 5-37 FANUC 0TC 系统 PMC 状态显示画面

例 1 一台数控车床加工时没有冷却。

数控系统： 西门子 810T 系统。

故障现象： 在自动加工时，发现没有切削液喷淋。

故障分析与检查： 在手动操作状态下，用手动按钮控制也没有切削液喷淋。根据机床控制原理，如图 5-38 所示，机床的切削液喷淋是通过 PLC 输出 Q6.2 控制切削液电动机的，切削液电动机带动冷却泵工作，产生流量和压力，进行喷淋。为了

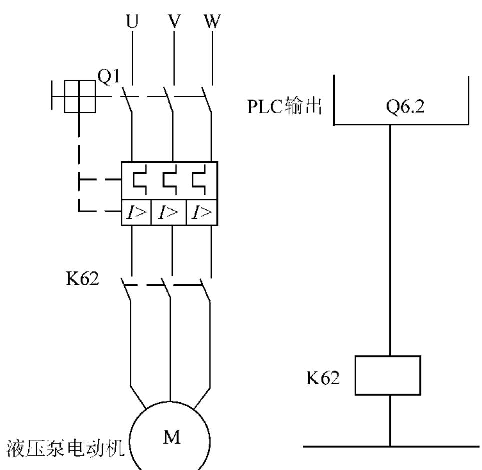


图 5-38 切削液电动机电气控制原理图

诊断故障，首先手动起动切削液电动机，利用系统 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输出 Q6.2 的状态，如图 5-39 所示，发现为“1”，没有问题，接着检查接触器 K62 也吸合了。因此怀疑切削液电动机有问题，对切削液电动机进行检查发现线圈绕组已经烧坏。

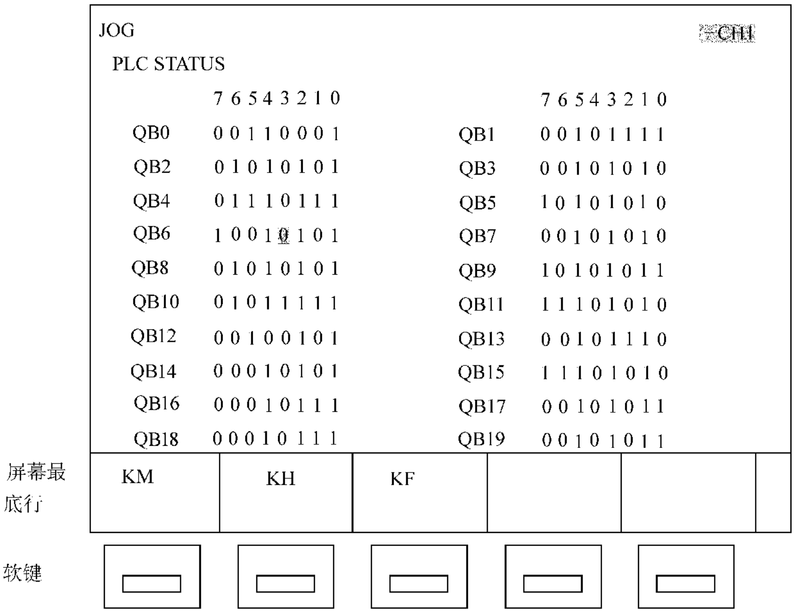


图 5-39　西门子 810T/M 系统 PLC 输出状态显示

故障处理：维修切削液电动机后，冷却系统恢复正常工作。

例 2　一台数控车床刀塔不旋转。

数控系统：日本 MITSUBISHI MELDAS L3 系统。

故障现象：这台车床一次出现故障，起动刀塔旋转时，刀塔不转，也没有报警显示。

故障分析与检查：根据刀塔的工作原理，刀塔旋转时，首先靠液压缸将刀塔浮起，然后才能旋转。观察故障现象，当手动按下刀塔旋转的按钮时，刀塔根本没有反应，也就是说，刀塔没有浮起。根据电气原理图，如图 5-40 所示，PLC 的输出 Y4.4 控制继电器 K44 来控制电磁阀，电磁阀控制液压缸使刀塔浮起，首先通过系统 DIAGN 菜

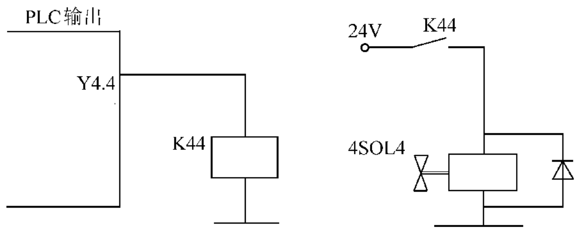


图 5-40　刀塔浮起控制原理图

单下的 PLC—I/F 功能，如图 5-41 所示。观察 Y4.4 的状态，当按下手动刀塔旋转按钮时，其状态变为“1”，没有问题，继续检查发现，是其控制的直流继电器 K44 的触点损坏了。

[PLC−I/F]　　　　DIAGN 3

(SET DATA　X0008=0001　Y0015=0000

X000A=0001　D0005=0053

	7 6 5 4 3 2 1 0	HEX		7 6 5 4 3 2 1 0	HEX
Y0040	0 0 0 1 0 1 0 0	1 4	D005	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0
Y0048	0 0 1 1 0 0 0 1	3 1		0 1 0 1 0 0 1 1	5 3
Y0050	1 0 0 0 0 0 1 0	8 2	D006	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0
Y0058	0 0 1 0 1 1 1 1	2 F		0 0 0 0 0 1 0 0	0 4
Y0060	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0	D007	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0
Y0068	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0		1 0 0 0 0 1 0 0	8 4
Y0070	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0	D008	0 0 0 0 0 0 1 0	0 2
Y0078	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0		1 1 0 0 0 0 0 0	C 0

DEVICE　DATA　MODE　DEVICE　DATA　MODE

(　)　(　)　(　)　(　)　(　)　(　)

ALARM　SERVO　PLC−I/F　NC-SPC　MENU

图 5-41　MITSUBISHI MELDAS L3 系统 PLC 输出显示

故障处理： 更换新的继电器，刀塔恢复正常工作。

例 3　一台数控车床工件卡不上。

数控系统： FANUC 0TC 系统。

故障现象： 踩下脚踏开关时，工件卡不上。

故障分析与检查： 根据机床工作原理，第一次踩下脚踏开关时，

工件应该卡紧，第二次踩下脚踏开关时，松开工件。脚踏开关接入 PMC 输入 X2.2，如图 5-42 所示。首先利用系统 PMC 状态显示功能检查 X2.2 的状态，按下 DGNOS PARAM 键后，进入图 5-43 所示的 PMC 状态显示画面。在踩下脚踏开关时，观察 PMC 输入 X2.2 的状态，一直为“0”，不发生变化。所以怀疑脚踏开关有问题。检查脚踏开关确实损坏。

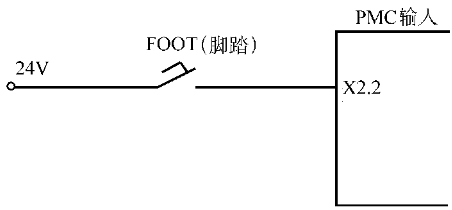


图 5-42　PMC 输入 X2.2 的连接图

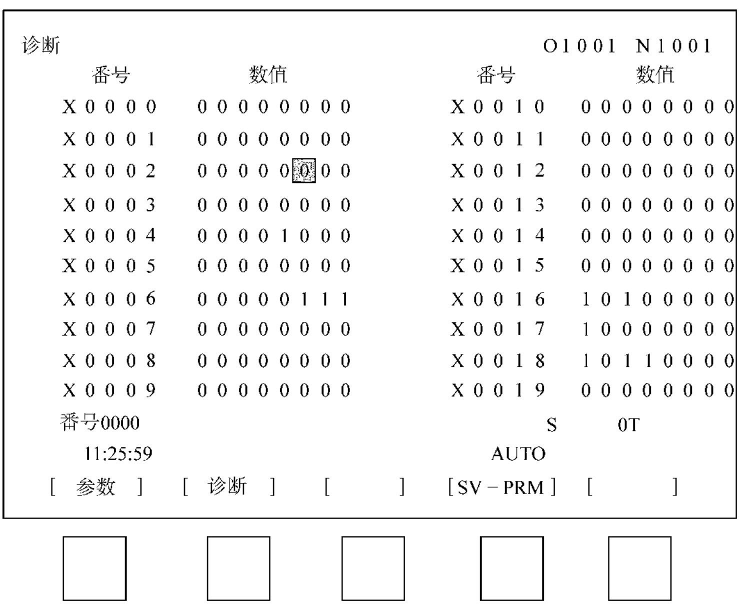


图 5-43　FANUC 0TC 系统 PMC 状态显示画面

故障处理：更换脚踏开关后，机床恢复正常工作。

例 4　一台数控车床卡盘工件卡不上。

数控系统：日本 OKUMA OSP7000L 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，卡盘工作不正常，卡不住工件。

故障分析与检查：根据机床工作原理，卡盘的卡紧、松开是由电磁阀控制的，卡盘卡紧是 PLC 输出 OUT3 的位 3“CHCLO”控制的，松开是 PLC 输出 OUT3 的位 2“CHOPO”控制的。在手动操作方式下，试验卡盘的松开和卡紧，利用系统 CHECK DATA（检查数据）功能调用如图 5-44 所示的 PLC 状态显示画面，踩脚踏开关，信号“CHCLO”和“CHOPO”状态交替变化，说明 PLC 输出控制信号没有问题。检查卡紧电磁阀，发现线圈烧断。

故障处理：更换电磁阀的电磁线圈，机床恢复正常工作。

维修总结：调用数控系统 PLC 状态显示信息是解决数控机床故障的基本方法，也是数控机床维修人员需要掌握的基本技能。

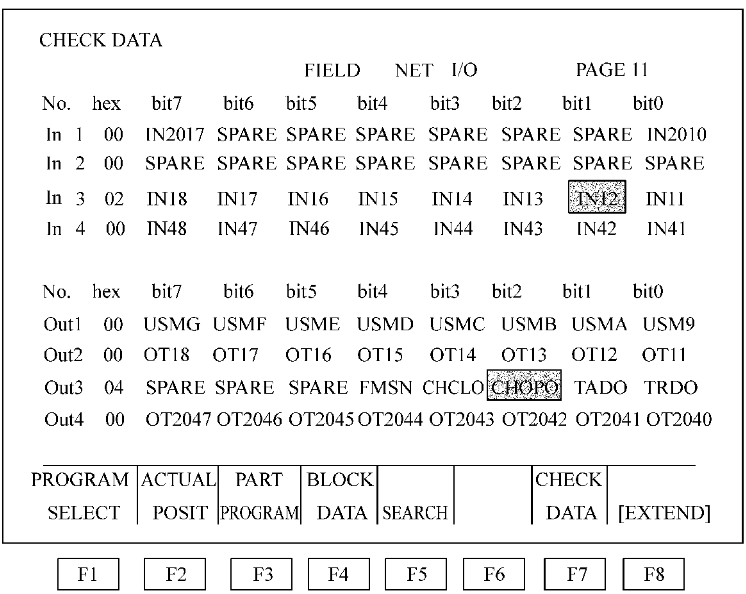


图 5-44　日本 OKUMA OSP7000L 的 PLC 状态显示

5.8 数控车床机床侧故障维修

5.8.1 数控车床机床侧故障的概念与诊断方法

数控车床的故障分为控制系统故障和机床侧故障。因为系统的可靠性越来越高，所以系统故障率越来越低，而数控车床的大部分故障是机床侧故障。

数控车床机床侧故障是指在机床上出现的非控制系统的故障，包括机械问题、检测开关问题、强电问题、液压问题等。机床侧故障还可以分为主机故障和辅助装置故障。机床侧故障是数控车床的常见故障，对这类故障的诊断、维修要熟练掌握 PLC 系统的应用和系统诊断功能。

如前面所述，机床侧故障是通过 PLC 运行用户程序，根据检测到的输入信号和发出的指令信号，进行逻辑运算，发现不正常时，产生故障报警信号，然后传递给数控系统，数控系统调用报警文本，在显示器上显示报警信息。

机床侧故障维修技巧：机床侧故障的诊断一般都要根据机床的工作原理和各种原理图，然后分析故障现象和数控系统上的故障显示信息，复杂的情况要利用机床的 PLC 梯形图，而使用数控系统的梯形图显示或者机外编程器对 PLC 的运行进行跟踪，可以提高诊断的效率和准确性。

数控车床的机床侧故障无非行程开关损坏、工件卡紧松开问题、刀塔问题、排屑器问题、冷却系统问题、液压系统问题等。

诊断机床侧故障第一要分析报警信息、第二要观察故障现象、第三要充分利用数控系统的 PLC 状态显示功能（上节已介绍维修实例），对于较复杂的故障可以利用在线跟踪梯形图运行的方法诊断机床故障。

5.8.2 数控车床机床侧故障诊断维修实例

例 1　一台数控车床出现报警2042“Z-AXIS OVER TRAVEL”（Z 轴超行程）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，开机就出现 2042 号报警，指示 Z 轴超限位报警。

故障分析与检查：因为报警指示 Z 轴超行程，对 Z 轴滑台进行检查，但没有发现 Z 轴超行程，并且 Z 轴的限位开关也没有压下，但利用 NC 系统的 PMC 状态显示功能，检查 Z 轴限位开关的 PMC 输入 X0.2 的状态为“1”，开关触点确实已经接通，说明行程限位开关出现了问题。

故障处理：更换新的限位开关后，机床故障消除。

例 2　一台数控车床排屑器不转。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床的排屑器正向不运动，反向运动正常。

故障分析与检查：根据故障现象，反向运动正常说明排屑器电动机没有问题，排屑器电气控制如图 5-45 所示，检查控制排屑器电动机正转的接触器 K5，在正转按钮按下时没有吸合，根据机床工作原理，排屑器正转是通过 PLC 输出 Q2.1 控制正转的，通过机床的 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输出 Q2.1 的状态，当正转按钮按下时，其状态从“0”变成“1”，系统没有问题，K1 和 K2 继电器也闭合，但 K5 线圈上没有电压，进一步检查发现 K1 的触点上也没有电压，当

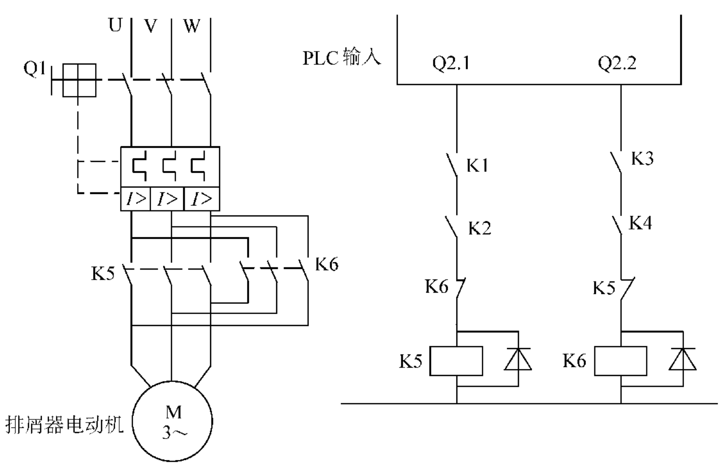


图 5-45　排屑器电气控制原理图

检查 PLC 输出端子板时发现，PLC 接口板到端子板的电缆插头有些松动，测量端子板上 Q2.1 的电压为 0V。

故障处理：当把电缆接头重新插接好后，开机测试，排屑器恢复正常工作，故障被排除。

例 3 一台数控车床出现报警 6013“CHUCK PRESSURE SWITCH”（卡紧压力开关）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：在卡紧工件时出现 6013 报警，指示卡紧压力不够。

故障分析与检查：因为报警指示工件卡紧压力不够，对工件卡紧进行检查，发现已卡紧没有问题，检查卡紧压力也没有问题；那么可能是压力开关有问题。根据机床工作原理，如图 5-46 所示，压力开关 B05 检测工件卡紧压力，接入 PLC 的输入 I0.5。利用系统 DIAGNOSIS 功能检查 I0.5 的状态为“0”，说明确实没有压力检测信号，检查压力开关，发现已损坏。

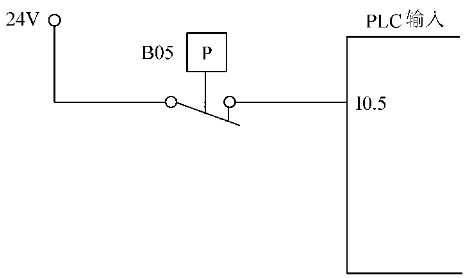


图 5-46 工件卡紧压力检测开关连接图

故障处理：更换压力开关，机床故障消除。

例 4 一台数控车床工作中突然出现故障，系统断电关机。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：机床在正常工作时，突然断电关机，重新起动，系统启动不了。

故障分析与检查：对机床控制部分进行检查，发现 24V NC 电源的负载回路对地短路，负载对地短路故障非常难于发现故障点，如果逐段检查非常繁琐。对机床控制图样进行分析，并向操作人员询问，

故障是在什么情况下发生的，据操作人员反映是在踩完脚踏开关之后，机床就出现故障了。根据这一线索，首先检查脚踏开关，发现一铁屑将脚踏开关的电源线对地短路。

故障处理：将脚踏开关中的铁屑清除，机床恢复了正常工作。



维修技巧：很多机床出现故障，在检修时询问机床操作人员“故障是如何发生的”是非常重要的，比如这个例子，知道是踩下脚踏开关出现的故障，顺着这个线索检查，缩小了检查范围。

例 5　一台数控车床出现报警2012“CHUCK UNCLAMP”（卡盘没有卡紧）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，在自动加工时，出现 2012 报警，加工程序中止。

故障分析与检查：根据“卡盘没有卡紧”的报警显示，检查卡盘确实没有把工件卡紧。根据机床工作原理，卡盘的卡紧是电磁阀控制的，PMC 的输出 Y49.1 通过一直流继电器控制这个电磁阀，如图 5-47所示。利用 DGNOS PARAM 功能观察 PMC 输出 Y49.1 的状态，在卡盘卡紧时其状态为“1”没有问题，那么可能是继电器损坏，检查继电器线圈有电压，但触点没有闭合，说明继电器损坏。

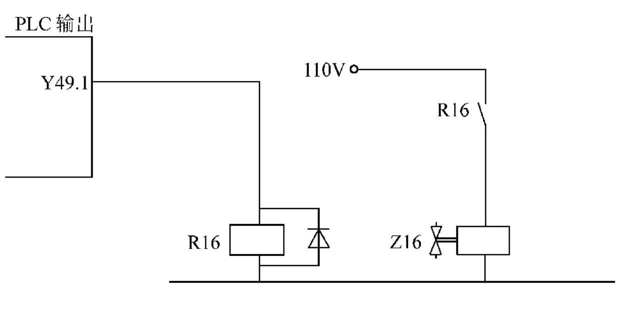


图 5-47　卡盘卡紧控制原理图

故障处理：更换继电器，机床恢复正常使用。

例 6　一台数控车床在开机返回参考点时出现报警520“OVER TRAVEL：＋Z AXIS”（超行程：＋Z 轴）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：在开机 Z 轴返回参考点时，出现 520 报警，指示 Z 轴超正向软件限位。

故障分析与检查：报警指示 Z 轴运动超出了正向软件限位，在开机返回参考点时就出现这个报警，说明系统工作在不正常状态，因为只有机床返回参考点后，软件限位才起作用。

故障处理：根据系统手册关于这个报警的解除方法，在开机时，同时按住数控系统面板上 CAN 键和 P 键，过一会松开，这时再返回参考点，机床可以正常返回参考点，并不产生报警。

维修技巧：当 FANUC 0C/D 系统开机出现 5＊0/5＊1（＊代表数字 0、1……，0 为 X 轴，1 为 Z 轴）报警时，使用上述方法来排除是非常有效的。

例 7　一台数控车床出现故障 2007“TURRET INDEXING TIME UP”（刀塔分度时间超）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：观察故障现象，在刀塔旋转起动后，刀塔旋转不停，并出现报警 2007，指示刀塔旋转超时。机床复位后，刀塔旋转停止，但出现报警 2031“TURRET NOT CLAMP”（刀塔没有卡紧），指示刀塔没有卡紧。观察故障现象，发现刀塔根本没有回落的动作。

故障分析与检查：根据刀塔的工作原理和电气原理图，对故障进行分析检查，首先怀疑数控系统没有发出刀塔回落命令，但利用系统 DGNOS PARAM 功能观察 PMC 输出 Y48.2，在刀塔旋转找到第一把刀后，Y48.2 的状态变成“0”，说明刀塔回落的命令已发出，检查刀塔推出的电磁阀的电源也已断开，但刀塔并没有回落，说明电磁阀有问题。

故障处理：更换新的电磁阀，机床故障消除。

例 8　一台数控车床卡具松不开。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：工件加工完后，松不开，拿不下来。

故障分析与检查：根据故障现象，在自动加工时，工件松不开；

在手动状态下，踩脚踏开关松卡具，也松不开。根据机床工作原理，如图 5-48 所示，工件卡紧是电磁阀 Y14 控制的，电磁阀 Y14 受 PLC 输出 Q1.4 的控制。利用系统 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输出 Q1.4，在踩脚踏开关时，Q1.4 的状态为“0”，没有变为“1”，说明 PLC 并没有给出卡具松开的信号。

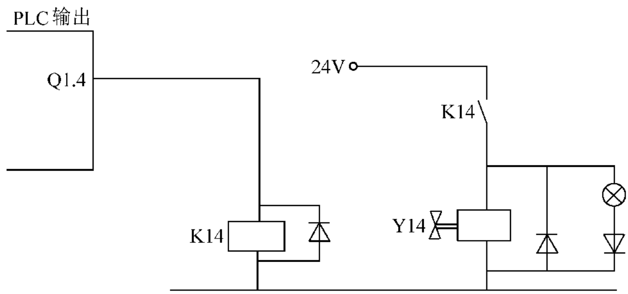


图 5-48　卡紧松开电气控制原理图

查阅 PLC 梯形图，关于卡紧松开控制的 PLC 输出 Q1.4 的梯形图如图 5-49 所示。利用系统 DIAGNOSIS 功能检查各个元件的状态，发现标志位 F141.2 和 F146.2 的状态为“0”，使 PLC 输出 Q1.4 的状态不能置位。

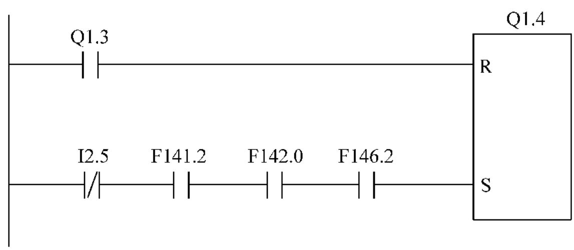


图 5-49　PLC 输出 Q1.4 的梯形图

关于标志位 F141.2 的梯形图如图 5-50 所示。观察其置位的各个元件的状态，发现标志位 F146.2 的状态为“0”使标志位 F141.2 不能置位。

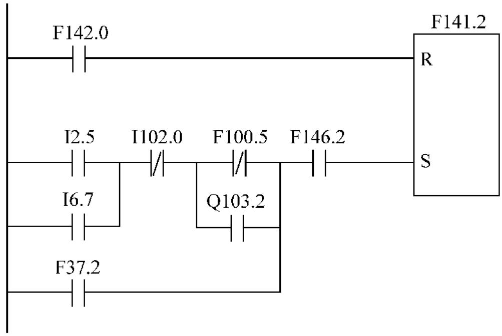


图 5-50　标志位 F141.2 的梯形图

由此发现 PLC 输出 Q1.4 和标志位 F141.2 不能置位的根本原因都是标志位 F146.2 的状态为“0”。关于标志位 F146.2 的梯形图如图 5-51 所示。检查各个元件的状态，发现 PLC 输入 I4.7 的状态为“0”使 F146.2 的状态为“0”。

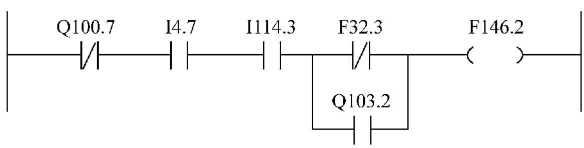


图 5-51　标志位 F146.2 的梯形图

PLC 输入 I4.7 是主轴静止信号，接入主轴控制单元，如图 5-52 所示。检查工件主轴已经停止。测量 PLC 输入 I4.7 的端子确实没有

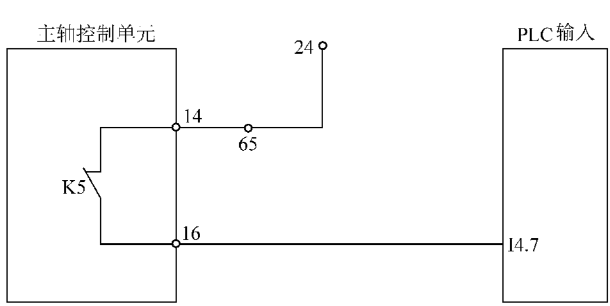


图 5-52　PLC 输入 I4.7 的电气连接图

电压，但断电测量 K5 闭合没有问题，检查主轴 24V 输入端子 14 没有电压信号，继续检查发现接线端子 65 松动，使电源线虚接，所以即使主轴静止继电器已经动作，PLC 还是没有得到信号。

故障处理：将电源线连接端子紧固好后，这时机床恢复正常工作。

例 9 一台数控车床出现报警6012“CHUCK CLAMP PATH FAULT”(卡具卡紧途径错误)。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在加工期间，突然出现 6012 报警，不能进行加工。

故障分析与检查：因为报警指示工件卡紧途径错误，为防止工件卡不紧，主轴旋转时工件飞出，系统禁止加工。6012 报警是 PLC 报警，根据西门子 810T/M 系统报警机理，标志位 F101.4 是 6012 的报警标志，利用系统 DIAGNOSIS 功能检查标志位 F101.4 确实也是“1”。

标志位 F101.4 的梯形图如图 5-53 所示，检查各个元件的状态，发现 T4 的状态为“1”使报警标志位 F101.4 置位。

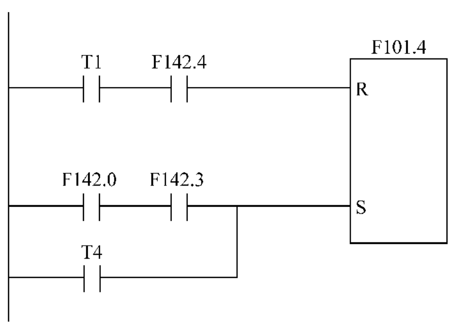


图 5-53　标志位 F101.4 的梯形图

有关 T4 的梯形图如图 5-54 所示，由于 F142.0 的状态为“1”和 F142.4 的状态为“0”，使定时器 T4 有电，标志位 F142.0 是检测卡紧压力是否正常的标志，为“1”是正常的。关于标志位 F142.4 的梯形图如图 5-55 所示，故障原因是 PLC 输入 I0.6 的状态为“0”。

根据机床工作原理，如图 5-56 所示，PLC 输入 I0.6 连接的开关 S06 检测卡具的机械位移是否到位，但检查机械位置已经到位，没有问题。那么是不是开关 S06 有问题呢，检查该开关发现已经损坏。

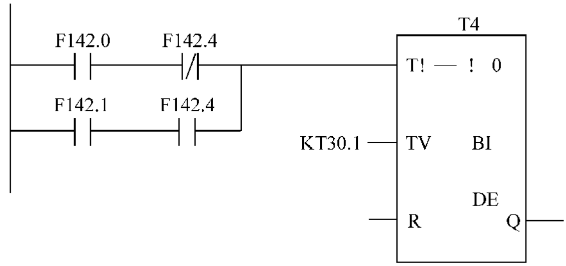


图 5-54　定时器 T4 的梯形图

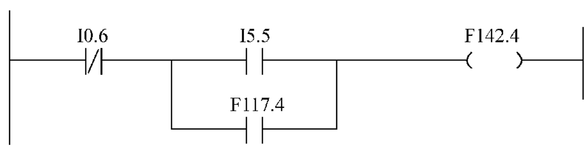


图 5-55　关于 F142.4 的梯形图

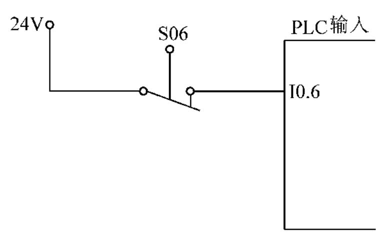


图 5-56　PLC 输入 I0.6 的连接图

故障处理：更换检测开关 S06，机床故障消除。

例 10　一台数控车床出现报警3220“Lube tank flow”（润滑油箱流量）。

数控系统：日本 OKUMA OSP7000L 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，开机后出现 3220 报警，指示润滑流量有问题。

故障分析与检查：因为报警指示润滑系统有问题，对润滑系统进行检查，发现润滑电动机工作不正常。根据机床工作原理，如图 5-57 所示，系统通过检查润滑流量开关 SL2 的状态，来检测润滑系统的工作状况，流量开关接入 PLC 的 IN3 的位 6。利用系统 CHECK DATA（检查数据）功能检查其状态，确实指示压力低。对润滑泵进行检查，发现润滑泵损坏。

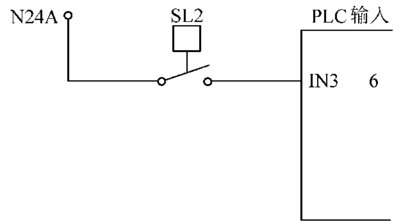


图 5-57 PLC 输入 IN3 的连接图

故障处理：更换润滑泵，机床故障消除。

例 11 一台数控车床开机后系统没有显示。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在通电启动系统时，系统启动不了，观察面板上和 CPU 模块上的 LED 都没有显示。

故障分析与检查：根据故障现象首先怀疑为系统供电的 24V 电源有问题，检查电源模块上的直流 24V 电源却正常没有问题。继续检查发现连接到电源模块上的 NC ON 信号在系统启动时没有闭合。对机床电气原理图进行分析，这部分的原理图如图 5-58 所示，对控制线路进行检查，当 PB1 按下时，K1 线圈得电，但 K1 的触点没有动作，说明触点损坏。

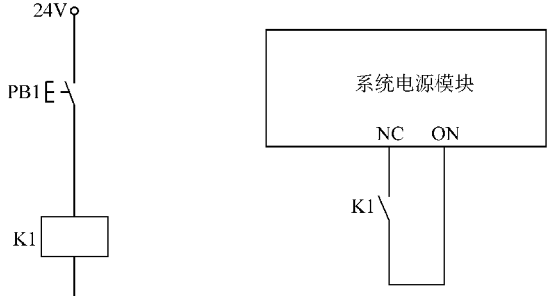


图 5-58 系统 NC-ON 信号控制图

故障处理：更换 K1 继电器，机床恢复正常使用。

维修总结：对于数控车床的机床侧故障的维修主要诊断方法如下：

1）注意观察故障现象；

2）注意研究系统的报警信息，有时通过故障现象就可以发现问题或者缩小检查区域；

3）要充分利用系统的功能，例如使用 PLC 状态显示功能检查 PLC 相关的输入、输出状态；

4）对于较复杂的故障通过梯形图来诊断故障会带来事半功倍的效果。

第 6 章　数控车床伺服系统的故障维修

6.1　概述

数控机床的伺服系统取代了传统机床的机械传动，这是数控机床的重要特征之一。数控机床的伺服系统是以机床移动部件的位移和速度为直接控制目标的自动控制系统，简称为伺服系统。常见的伺服系统有开环系统和闭环系统之分、直流伺服系统与交流伺服系统之分、进给伺服系统和主轴伺服系统之分。进给伺服系统控制机床移动部件的位移，以直线运动为主；主轴驱动系统控制主轴的旋转，以旋转运动为主，主要是速度控制。

本章主要介绍数控车床进给伺服系统的故障维修。

伺服驱动系统的性能在很大程度上决定了数控机床的性能。数控机床的最高移动速度、跟踪速度、定位精度等重要指标都取决于伺服系统的动态和静态特性。

不管是直流伺服系统还是交流伺服系统，伺服系统本身都是一个电流、速度的双闭环控制系统，以保证伺服进给的稳定。

伺服控制系统在数控机床上占有重要地位，所以伺服系统的故障也是影响数控机床正常运行的主要因素。

伺服驱动是一种执行机构，它能够准确地执行来自数控装置的运动指令。典型数控机床的伺服系统基本构成如图 6-1 所示。数控系统通过测量模块向伺服单元发出运动指令，伺服单元接收到来自数控系统的指令信号后，经过电流、速度双闭环控制，通过伺服放大器控制伺服电动机的运行，同时位置反馈元件将位置信号反馈到数控系统的测量模块，形成半闭环或者全闭环的位置控制系统。PLC 起运行监视作用，一方面监视伺服系统中的伺服电动机是否过载过热，另一方面监视行程是否在规定范围内，是否到达干涉区，如果出现异常，立即报警，并且停止伺服轴运行。

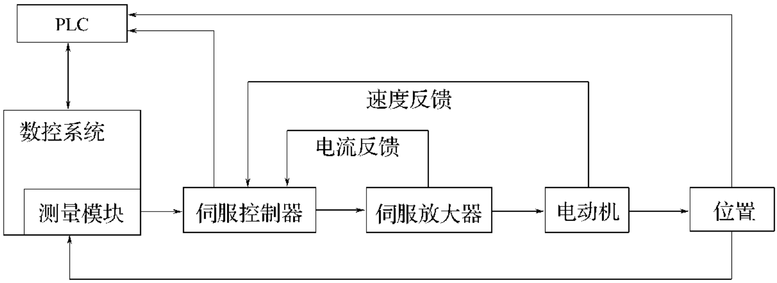


图 6-1 伺服系统控制框

根据伺服系统的构成，伺服系统的故障可分为伺服控制单元的故障、位置反馈部分的故障、伺服电动机的故障和其他故障。图 6-2 是诊断数控磨床伺服故障的流程图。

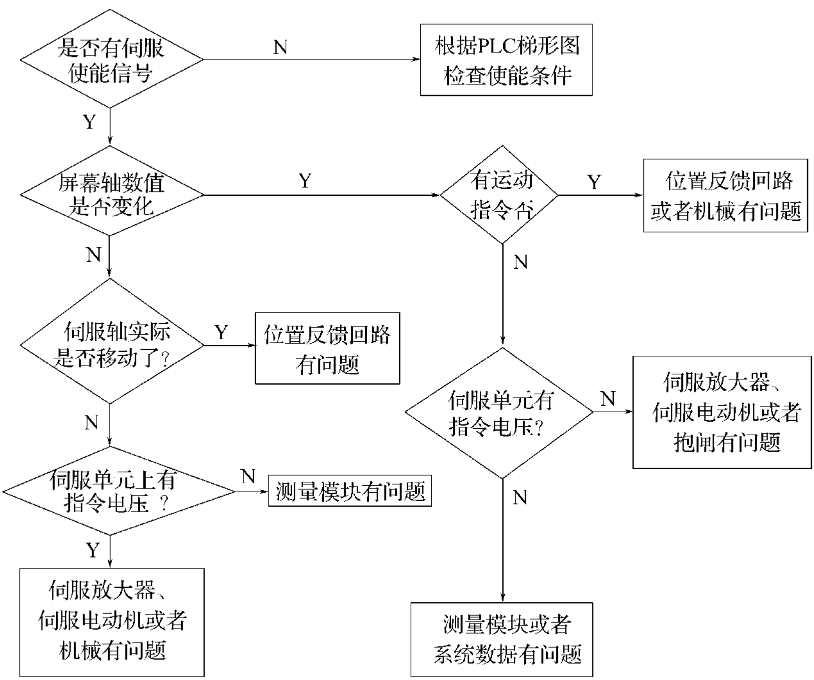


图 6-2 伺服故障诊断流程图

6.2 伺服控制系统的故障维修

6.2.1 伺服控制系统故障的维修方法与技巧

伺服控制单元是伺服系统的控制部分，它接收数控装置的指令信号，控制伺服电动机稳定运行。伺服控制单元本身是一个电流、速度的双闭环控制系统。控制单元采用 PWM 变频控制技术对电动机进行控制。一般伺服控制单元包括电源部分、控制部分、驱动部分（放大器）。电源部分将交流电整流，控制部分进行双闭环 PWM 控制，驱动部分产生逆变电流控制交流伺服电动机运动。伺服控制器还对各种其他反馈信号如电动机超温或过载等进行分析处理，并反馈给 PLC。伺服控制器出现问题直接导致数控机床不能正常工作。另外伺服电源及伺服放大器出现问题也会引发伺服故障。

伺服控制单元出现故障时，通常数控系统发出伺服轴运动命令，伺服系统能够接收到指令信号，但没有向伺服电动机发出运动驱动信号。这时数控系统会出现超差报警或者指令值过高报警，遇到这类报警时首先测量伺服单元的输入信号，确定在运动指令发出后，伺服系统是否接收到指令信号，如果确实已经接收到指令信号，但伺服电动机工作不正常，那么就可能是伺服控制单元有故障，诊断伺服单元的故障除了检查伺服单元的报警信息外，比较实用的诊断方法是采用备件更换法。

6.2.2 故障维修实例

下面通过故障维修实例介绍实用的维修方法。

例 1 一台数控车床出现报警1120 “Clamping monitoring”（卡紧监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床的伺服系统采用的是西门子 6SC610 系统，一次在开机返回参考点时，出现 1120 报警，指示 X 轴运动出现问题。关机之后重开故障消失，但返回参考点时还是出现这个报警。为了观察故障现象，手动移动 X 轴，当按下 X 按键时，屏幕上显示的 X 轴坐标值发生变化，但轴实际上没有动，直到屏幕上的 X 轴坐标值变到 14 左右时，系统产生 1120 报警，屏幕上 X 轴的坐标值又恢

复到 0。负向运动时，当坐标值变到－14 左右时也出现 1120 报警。

故障分析与检查：根据故障现象分析，数控系统让 X 轴运动，但实际上 X 轴并没有运动，数控装置发出命令，但伺服电动机并没有执行。为了确认故障，检查伺服装置的输入控制信号，当 X 轴手动运动按钮按下时，伺服系统 N1 板上端子 56、14 间上有电压变化，而控制 X 轴伺服电动机的电源板上的输出端子却没有电压变化，说明问题出在伺服控制系统上。

故障处理与总结：为了进一步确认故障，更换伺服装置的伺服控制板 N1，故障消除。这个故障的原因是伺服控制装置接到 X 轴运动信号后，因为 N1 板损坏，没有使 X 轴伺服电动机旋转，系统也就没有得到移动的反馈，跟随误差变大而产生了 1120 报警。

维修技巧：西门子数控系统“Clamping monitoring”（卡紧监控）故障报警的原因之一就是伺服系统出现故障，当系统发出移动指令时，伺服系统并没有执行就会出现这个报警。

例 2　一台数控车床出现报警 6015“SLIDE AXIS MOTOR TEMPERATURE”（滑台伺服电动机温度）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 6015 报警，伺服系统不能工作。

故障分析与检查：这台机床的伺服系统采用西门子 6SC610 系统，对伺服系统进行检查，发现伺服装置的控制板 N1 上第 2 轴的电动机超温报警灯亮。第 2 轴是机床的 Z 轴，检查 Z 轴伺服电动机并不热，对热敏电阻进行检查也正常没有问题，将 X 轴伺服电动机的反馈电缆与 Z 轴的伺服电动机反馈电缆在控制板上交换插接，发现故障报警灯还是第 2 轴的亮，说明伺服控制板 N1 有问题。

故障处理：更换 N1 板，报警消除，机床恢复正常故障。

维修技巧：伺服电动机超温报警一般都是因为伺服电动机超温造成的，如果伺服电动机不热，就要检查伺服电动机的热敏电阻和伺服系统的检测部分。

例 3　一台数控车床出现报警6016“SLIDE POWER PACK NO

OPERATION”（滑台电源模块没有操作）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 6016 报警，伺服系统启动不了。

故障分析与检查：因为报警信息指示伺服控制系统有问题，所以首先对伺服系统进行检查。这台机床的伺服系统采用西门子 6SC610 系统，根据故障现象怀疑 G0 板有问题，对 G0 板进行检查，发现其上的熔丝和几个器件已经烧电路，说明确实是 G0 板损坏。

故障处理：更换 G0 板，机床恢复正常工作。

例 4　一台数控车床出现报警1040“DAC limit reached”（达到 DAC 极限）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床一运动 X 轴就出现 1040 报警。

故障分析与检查：西门子 810T 系统的 1040 号报警是系统关于 X 轴的伺服报警，指示 DAC 设定值比机床数据 MD2680（最大 DAC 设定值）的值大时出现这个报警。出现这个报警后，DAC 的设定值不能再增加。首先检查机床数据 MD2680、MD3640 和 MD3680 都正常没有问题。

根据经验，这个故障多半是伺服电动机不转或者反馈回路有问题。

这台机床的伺服系统采用的是西门子 SIMODRIVE 611A 系统，在起动 X 轴时检查伺服系统的指令输入信号，电压很高，但观察 X 轴并没有动，屏幕上 X 轴的数值也没有变化。说明系统部分没有问题，位置反馈也没有问题。因为 Z 轴运动正常，说明伺服系统的电源模块也没有问题。更换 X 轴伺服放大器，故障依然如故，说明放大器也没有问题。那么能不能是伺服放大器上的参数设定板有问题呢？采用互换法与 Z 轴的参数设定板对换，这时机床 Z 轴运动时，出现 1041 报警，故障转移到 Z 轴上，说明原 X 轴的参数设定板损坏。

故障处理：更换参数设定板，机床恢复正常工作。

维修提示：西门子 810T/M 系统的 1040 报警的原因经常是由伺服系统的问题引起的。

例 5 一台数控车床出现报警1120、1121“Clamping monitoring”（卡紧监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在开机返回参考点时，运动 X、Z 轴各出现 1120 报警和 1121 报警。在手动运动时，按下 X、Z 轴运动按钮后，屏幕上坐标数值不变，伺服轴实际上也没有动。

故障分析与检查：因为伺服轴实际没有动，因此怀疑伺服系统有问题。对伺服系统进行检查，这台机床使用的是西门子 SIMODRIVE 611A 伺服控制器，X、Z 共有一个伺服放大器模块，在按下 X 或 Z 轴运动按钮时，检查伺服放大器有输入信号，但伺服放大器并没有输出驱动信号，因此认为是伺服放大器模块损坏。

故障处理：更换新的伺服放大器，机床恢复正常使用。

例 6 一台数控车床出现400号和 401 号报警。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床开机就显示报警 400“SERVO ALARM：1.2TH OVERLOAD”（伺服报警第一二轴过载）和 401“SERVO ALARM：1.2TH AXIS VRDY OFF”（伺服报警第一二轴没有 VRDY 信号）。

故障分析与检查：因为系统开机就出现 400 号报警，指示一二轴过载，两个轴都没有动，说明这个报警并不是真正的报警。系统说明书关于 401 号报警的解释为数控系统没有得到伺服控制的准备好信号（Ready）。根据机床控制原理图进行检查，发现接触器 MCC 没有吸合，而 MCC 是受伺服系统的电源模块控制的，检查模块的供电没有问题，因此怀疑伺服系统的电源模块损坏，采用互换法与另一台机床的电源模块对换，证明确实是伺服电源模块损坏。

故障处理：将损坏的电源模块维修后，机床正常工作。

例 7 一台数控车床出现 401 报警。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在自动加工时机床出现报警 401“SERVO ALARM：VRDY OFF”（伺服报警：VRDY 信号关断）、409“SERVO ALARM：（SERIAL ERR）”（伺服报警：串行主轴故障）、414

“SERVO ALARM：X AXIS DETECT ERR”（伺服报警：X 轴检测错误）、424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERR”（伺服报警：Z 轴检测错误）。

故障分析与检查： 这台机床采用的伺服系统是 FANUC 的 α 数字伺服装置，在出现故障时检查伺服装置上数码管的报警信息，电源模块的显示器显示“05”，主轴模块显示器显示“33”。

电源模块“05”报警含义：该报警指示主回路母线电容不能在规定的时间内充电。可能的原因有：

1） 电源模块容量不足。

2）直流母线存在短路现象。

3）充电限流电阻问题。

主轴模块“33”报警含义：该报警指示直流母线电压过低。可能的原因有：

1） 输入电压低于额定值的 15%。

2） 主轴驱动装置连接错误。

3） 驱动装置控制板有问题。

根据故障现象分析，该机床的伺服系统 3 个轴，X 轴、Z 轴和主轴都报警，说明可能为公共故障。

另外根据报警信息的说明，指示母线电压有问题，为此，怀疑电源模块有问题，与其他机床互换电源模块，确定就是电源模块的问题。

故障处理： 维修电源模块后，恢复了该机床的正常使用。

例 8 一台数控车床出现报警 400“SERVO ALARM：1.2th axis overload”（伺服报警：第一、第二轴伺服过载）。

数控系统： FANUC OTC 系统。

故障现象： 这台机床开机就出现 400 号报警。

故障分析与检查： FANUC 0C 系统的 400 号报警指示伺服过载，但机床还没有移动伺服轴就产生报警，说明故障原因不在机械负载上，可能伺服驱动模块出现问题。

这台机床的伺服系统采用 FANUC α 伺服控制装置，检查伺服控制装置，发现开机后，进给伺服驱动模块显示 1 号报警。

伺服控制模块 1 号报警含义：该报警指示伺服模块风机不转。可能的原因有：

1）风机故障。

2）风机连接错误。

根据报警的提示，对伺服控制模块进行检查，发现模块的冷却风扇确实没有转，将模块拆开进行检查，发现风扇已损坏。

故障处理：更换伺服驱动模块的冷却风扇后，机床恢复正常工作。

例 9 一台数控车床出现报警 424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERR”（伺服报警：Z 轴检测错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，屏幕显示 424 号报警，指示 Z 轴伺服有故障。

故障分析与检查：这台机床采用 FANUC α 系列数字伺服装置，X 轴和 Z 轴使用一块双轴伺服驱动模块，在出现报警时检查伺服系统，发现伺服驱动模块的数码管上显示“9”号报警。

伺服控制模块 9 号报警含义：该报警指示第二轴——Z 轴过流。

查阅数控系统报警手册，424 报警为 Z 轴的数字伺服系统有错误，在伺服出现 424 报警时，通过诊断数据 DGN No. 721 可以查看一些故障的具体原因，利用系统的诊断功能调出诊断数据 DGN No. 721 进行查看，发现第 4 位变为了“1”，通常没有报警时应该为“0”，这位变为“1”指示伺服驱动出现异常电流。

这个报警有如下原因：

1）Z 轴负载有问题，将 Z 轴伺服电动机拆下，手动转动滚珠丝杠，发现很轻没有问题，这时开机，只让伺服电动机旋转，也出现报

警，所以不是机械故障。

2）伺服电动机有问题，将X轴伺服电动机与Z轴伺服电动机对换，还是Z轴出现报警，证明伺服电动机没有问题。

3）伺服驱动模块出现问题，与其他机床互换伺服驱动模块，故障转移到另一台机床上，这台机床恢复正常，证明是伺服驱动模块出现故障。

将伺服模块拆开进行检查，发现Z轴W相的IGBT模块损坏。

故障处理：更换W相IGBT模块后，故障排除。

例10 一台数控车床出现伺服报警。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在自动加工时出现报警410“SERVO VRDY OFF”（伺服没有准备）、409“SERVO ALARM：(SERIAL ERROR)”（伺服报警，串行主轴错误）、414“SERVO A-LARM：X AXIS DETECT ERR”（伺服报警X轴检测错误）、424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERR”（伺服报警Z轴检测错误）。

故障分析与检查：这台机床的伺服系统采用FANUC α系列数字伺服驱动装置，因为X、Z和主轴都产生报警，怀疑伺服系统电源模块有问题，检查伺服装置，发现在电源模块的数码管上显示“01”报警信息。

伺服电源模块01号报警含义：该报警指示主回路IPM检测错误。可能的原因：

1）IGBT或IPM故障。

2）输入电抗器不匹配。

根据报警提示怀疑电源模块出现问题，与其他机床互换电源模块后，故障转移到另一台机床上，证明确实是电源模块损坏。

故障处理：电源模块维修后，机床恢复正常运行。

例11 一台数控车床出现报警1160“X axis contour monitoring”（X轴轮廓监视）。

数控系统：西门子840C系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在加工时出现1160报警，指示X轴有问题。

故障分析与检查：出现报警后检查系统还有报警1680“X Servo enable traveling”（X轴伺服使能中断），这时手动移动X轴也出现1160报警，并且X轴不动。这台机床的伺服系统采用的是德国INDRAMAT交流模拟伺服驱动装置，检查伺服电源模块（型号为TVD 1.3-08-03），发现模块有报警灯闪亮，模块温度很高，说明电源模块损坏。

故障处理：更换伺服系统的电源模块，机床恢复正常工作。

例12 一台数控车床出现报警414“SERVO ALARM：X-AXIS DETECTION SYSTEM ERROR”（X轴检查系统错误）。

数控系统：FANUC21i-T系统。

故障现象：这台机床开机时出现414报警，指示X轴伺服装置有问题。

故障分析与检查：这台机床的伺服装置采用FANUC α伺服控制装置，对伺服装置进行检查，发现电源模块数码管显示“07”，主轴模块的数码管显示“11”，根据报警信息的说明，为直流母线电压过高，怀疑是电源模块有问题，与其他机床的电源模块互换，证实确实是电源模块损坏。

故障处理：电源模块维修后，机床恢复正常工作。

6.3 伺服电动机故障的维修

6.3.1 概述

伺服电动机是伺服系统的最终执行元件，它分为直流伺服电动机和交流伺服电动机两类。直流伺服电动机由于采用电刷和换向环，所以容易出现问题，并且经常需要维护，换电刷。交流伺服电动机具有免维护的特点，不容易损坏。发那科系统使用α系列、β系列交流伺服电动机。西门子系统使用1FT5和1FT6系列交流永磁伺服电动机。下面分别介绍直流伺服电动机和交流伺服电动机的维护维修特点。

1. 直流伺服电动机

直流伺服电动机带有数对电刷，电动机旋转时电刷与换向器产生摩擦，将会逐渐磨损。电刷异常或者过度磨损，会影响直流伺服电动机的工作性能，所以应该对直流电动机进行定期检查和维护。

直流电动机检查步骤如下：

1）必须在机床处于断电的状态下且电动机已经完全冷却的情况下进行检查。

2）取下橡胶刷帽，拧下刷盖取出电刷。

3）测量电刷长度，如 FANUC 直流伺服电动机的电刷由 10mm 磨损到小于 5mm 时，必须更换同型号的新电刷。

4）仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂痕，以及电刷弹簧上有无打火痕迹。如有上述现象，则要考虑电动机的工作条件是否过分恶劣或电动机本身是否有问题。

5）用不含金属粉末及水分的压缩空气导入装电刷的刷握孔，吹净粘在刷孔臂上的电刷粉末。如果难以吹净，可用一些带尖的工具轻轻清理，直至孔壁全部干净为止，但要注意不要碰到换向器表面。

6）重新装上电刷，拧紧刷盖。如果更换了新电刷，应使电动机空运行磨合一段时间，以使电刷表面和换向器表面吻合。

2. 交流伺服电动机

交流伺服电动机与直流伺服电动机相比，最大的优点是不存在电刷维护问题。应用于进给驱动的交流伺服电动机多采用交流永磁同步电动机，其特点为磁极是转子，定子是电枢绕组，与三相交流电动机电枢绕组一样，但它由三相逆变器供电，通过电动机转子位置检测器产生的信号去控制定子绕组的开关器件，使其有序轮流导通，实现换流作用，从而使转子连续不断地旋转。转子位置检测器与电动机转子同轴安装，用于转子的位置检测，检测装置一般为霍耳开关或具有相位检测的光电脉冲编码器。

交流伺服电动机常见的故障有：

1）接线故障。由于接线不当，使用一段时间后就可能出现一些故障，主要为插座脱焊，端子接线松开引起接触不良。

2）转子位置检测装置故障。当霍耳开关或光电脉冲编码器发生故障时，会引起电动机失控，进给振动。

3）电磁制动故障。带电磁制动的伺服电动机，当电磁制动器出现故障时，会出现得电不松开、失电不制动的故障。

交流伺服电动机故障判断的方法有：

1）用万用表或电桥测量电枢的直流电阻，检查是否断路，并用绝缘电阻表检查绝缘是否良好。

2）将电动机与机械装置脱开，用手转动电动机转子，正常情况下感觉有阻力，转一个角度后放开，转子有返回现象。如果用手转动转子时能连续转几圈并自由停下，该电动机已损坏。如果用手转不动或转动后无返回，电动机机械部分可能有故障。

6.3.2 伺服电动机问题引起机床故障的维修实例

例 1 一台数控车床报警1040“DAC limit reached”（达到 DAC 极限）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床 X 轴运动时出现 1040 报警，指示 X 轴伺服系统有问题。

故障分析与检查：根据西门子系统说明书关于 1040 的解释，这个报警指示 X 轴的 DAC 设定值比机床数据 MD2680（最大 DAC 设定值）的值大时出现这个报警。出现这个报警后，DAC 的设定值不能再增加。所以首先检查机床数据 MD2680、MD3640 和 MD3680，这些数据都正常没有问题。根据经验，这个故障多半是伺服电动机不转或者位置反馈回路有问题。检查伺服电动机确实没转，屏幕上 X 轴的数值也没有变化，说明不是反馈回路的问题。这台机床的伺服系统是西门子 6SC610 系统，在 X 轴运动时检查伺服单元上的指令信号，确实很高，说明数控系统没有问题，问题应该出在伺服部分，更换伺服系统的控制板和 X 轴的伺服放大器板，都没有排除故障，为此认为 X 轴伺服电动机有故障，将 X 轴伺服电动机拆下检查，发现机床切削液已经进入电动机，造成电动机损坏。

故障处理：更换备用伺服电动机使机床恢复正常使用。

例 2　一台数控车床出现6016报警“SLIDE POWER PACK NO OPERATION”（滑台电源模块没有操作）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：系统启动后出现 6016 号报警，故障复位后，过一会儿还出现这个报警。

故障分析与检查：因为 6016 报警为 PLC 报警，指示伺服系统有问题。为此对这台机床的伺服系统进行检查，该机床的伺服系统采用的是西门子 SIMODRIVE6SC610 系统，在出现故障时，N1 板上第二轴的[Imax]t 报警灯亮，指示 Z 轴伺服电动机过载。

引起伺服系统过载有三种可能，一种可能是因为机械负载阻力过大，但检查机械装置并没有发现问题；第二种可能为伺服功率板损坏，但更换伺服功率板，并没有排除故障；第三种可能为伺服电动机出现问题，对伺服电动机进行测量，其绕组电阻确实有些低。

故障处理：更换新的伺服电动机，使机床恢复正常工作。

例 3　一台数控车床出现报警 1120“Clamping monitoring”（卡紧监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床工作一段时间后出现 1120 报警，再开机还可以工作。

故障分析与检查：这台机床的伺服系统采用西门子 611A 交流模拟伺服系统，在出现故障时，伺服系统的 X 轴控制模块显示器显示 2 号报警。

611A 伺服模块 2 号报警含义：该报警指示转子位置检测器不良。

根据报警提示怀疑电动机转子检测器系统有问题，首先更换伺服系统的控制模块，但没有解决问题，更换备用伺服电动机，机床稳定运行，从而断定为伺服电动机转子位置检测装置（测速电动机）损坏。

故障处理：维修伺服电机。

6.4 位置反馈系统的故障维修

6.4.1 位置反馈系统的故障维修方法与技巧

数控机床的位置反馈元件种类较多，测量角度的有旋转变压器、容栅、旋转编码器等，测量直线位移的有感应同步器、磁栅尺、光栅尺等，现在常用的半闭环位置控制系统使用旋转编码器作为位置检测元件，全闭环位置控制系统使用光栅尺作为位置检测元件。

位置反馈的故障一般都是由于位置反馈检测元件的损坏、编码器进水进油、反馈插头接触不良等原因引起的。

位置反馈出现问题很多的数控系统都会产生报警，一些位置反馈断路时会引起飞车的破坏性故障，所以如果出现飞车的问题，多数情况下是位置反馈断路。

6.4.2 故障维修实例

例 1 一台数控车床出现报警1320“Control loop hardware”（控制环硬件）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 1320 报警，指示 X 轴伺服环出现问题。

故障分析与检查：因为问题出在伺服环上，首先更换数控系统的伺服测量模块，故障没有排除，接着又检查 X 轴编码器的连接电缆和插头，这时发现编码器的电缆插头内有一些积水，这是机床加工时切削液渗入所致。

故障处理与总结：将编码器插头清洁烘干后，重新插接并采取防护措施，开机测试，故障消除。这个故障的原因就是编码器电缆接头进水，使连接信号变弱或者产生错误信号，从而出现 1320 报警。

维修技巧：西门子数控系统的“Control loop hardware”（控制环硬件）是位置反馈回路的故障，出现这个报警时，要注重对位置反馈回路的检查，包括位置检测元件——编码器或者光栅尺、反馈电缆、电缆插头以及系统测量板。

在西门子 810T 系统中，这个报警的报警号为 132＊，其中＊是数字 0、1、2 等，0 代表 X 轴，1 代表 Z 轴。

例 2　一台数控车床出现报警1321“Control loop hardware”（控制环硬件）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 1321 报警，指示 Z 轴伺服控制环有问题。

故障分析与检查：根据经验这个故障报警一般都是位置反馈系统的问题，在系统测量板上将 Z 轴的位置反馈电缆与 X 轴反馈电缆交换插接，这时系统出现 1320 报警，故障转移到 X 轴，更证明是 Z 轴的位置反馈出现问题，对 Z 轴的反馈电缆和电缆插头进行检查没有发现问题。Z 轴的编码器是内置在伺服电动机上的，将位置反馈电缆插接到备用伺服电动机的编码器上时，机床报警消失，说明是内置编码器损坏。

故障处理：更换伺服电动机的内置编码器，机床恢复正常工作。

例 3　一台数控车床出现报警1321“Control loop hardware”（控制环硬件）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 1321 报警，指示 Z 轴伺服控制环出现问题。

故障分析与检查：因为问题出在伺服环上，首先更换数控系统的伺服测量模块，故障没有排除，接着又检查 X 轴编码器的连接电缆和插头，这时发现编码器的电缆插头内有一些积水，这是机床加工时切削液渗入所致。

故障处理与总结：将编码器插头清洁烘干后，重新插接并采取防护措施，开机测试，故障消除。这个故障的原因就是编码器电缆接头进水，使连接信号变弱或者产生错误信号，从而出现 1321 报警。

例 4　一台数控车床出现报警1361“Meas system dirty”（测量系统脏）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机就出现 1361 报警，指示 Z 轴测量系统

脏。

故障分析与检查：因为报警指示的是Z轴编码器的故障，所以对有关Z轴的伺服系统进行检查。在检查Z轴编码器时，发现电缆插头内有很多切削液。

故障处理：将编码器电缆插头中的液体清除，进行清洁烘干处理，然后采取密封措施，重新插接，通电开机，机床恢复正常工作。



维修技巧：西门子数控系统的Meas. system dirty（测量系统脏）报警，指示位置反馈信号弱，并不一定就是编码器或者光栅尺真的脏了。

在西门子810T系统中，这个报警的报警号为136＊，其中＊是数字0、1、2等，0代表X轴，1代表Z轴。

例5　一台数控车床出现报警329“SPC Alarm Z Axis Coder”（Z编码器）。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床开机之后出现329号报警，指示Z轴编码器有问题。

故障分析与检查：数控系统出现编码器报警有几种可能，一是数控系统的伺服模块有问题，出现的是假报警，但与另一台机床的伺服模块对换，故障依旧；二是编码器的连接线路有问题，但对线路进行检查，也没有发现问题；三是编码器出现问题，数控系统确认的是真正的编码器故障，因前两种可能已经排除，所以问题可能出在编码器上。

故障处理：更换新的编码器后，机床故障消除。

例6　一台数控车床出现25001报警。

数控系统：西门子810D系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，系统产生报警25001“Axis Z hardware fault of passive encoder”（Z轴从动编码器硬件故障）、25201“Axis Z drive fault”（Z轴驱动故障）、300504“Axis Z drive 2 measuring circuit error of motor measuring system”（Z轴驱动2电动机测量系统测量电路故障）。

故障分析与检查：西门子 840D 报警 25001 和 300504 都是关于伺服电动机编码器的，这台机床位置控制采用光栅尺构成位置全闭环控制，伺服电动机的内置编码器只作为转速反馈，所以怀疑故障与 Z 轴伺服电动机编码器相关的电路有问题。

首先将 Z 轴伺服电动机与 X 轴伺服电动机对换，依然是 Z 轴出现故障，说明电动机和编码器都没有问题。

将 Z 轴的伺服控制模块与 X 轴的伺服控制模块对换，还是 Z 轴报警，说明伺服控制模块没有问题。

检查编码器连接电缆没有发现明显问题，在伺服控制部分将 Z 轴伺服电动机的编码器反馈电缆与 X 轴对换，这时出现的报警是关于 X 轴的，说明 Z 轴伺服电动机的编码器反馈电缆有问题。

故障处理：更换 Z 轴伺服电动机编码器的反馈电缆，机床恢复正常工作。

维修总结：西门子 840D/810D 的 25000 号报警和 25001 号报警都是指示编码器故障的，区别是 25000 报警指示位置反馈方面的问题，25001 指示伺服电动机反馈方面的问题。如果使用伺服电动机的反馈元件作为位置反馈元件，25000 报警指示的当然是伺服电动机编码器方面的问题。

西门子 840D/810D 系统的伺服报警，轴名已经指定，不需要数字代替，这与以往的西门子其他系统不同。

例 7 一台数控车床出现报警 329“SPC Alarm Z Axis Coder”（Z 轴编码器）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床开机之后出现 329 号报警，指示 Z 轴编码器有问题。

故障分析与检查：根据数控系统的报警信息，说明 Z 轴编码器连接系统可能有问题。

数控系统出现编码器报警有几种可能：

1）是数控系统的伺服模块有问题，出现的是假报警，但与另一

台机床的伺服模块对换，故障依旧。

2）是编码器的连接线路有问题，但对线路进行检查，也没有发现问题。

3）是编码器出现问题，数控系统确认的是真正的编码器故障，因前两种可能已经排除，所以问题可能出在编码器上。

故障处理： 更换新的编码器更换上后，机床故障消除。

例 8 一台数控车床出现报警 319“SPC Alarm X Axis Coder”（X 轴编码器）。

数控系统： FANUC 0TC 系统。

故障现象： 这台机床 X 轴运动时出现 319 报警，指示 X 轴编码器有问题。

故障分析与检查： 因为报警指示 X 轴编码器有问题，为此首先检查 X 轴编码器的连接线路，发现连接编码器的电缆插头松了。

故障处理： 将电缆插头拧紧后，机床恢复正常。

维修总结：FANUC 系统关于编码器报警信息比较明确，OC/D 系统关于这个报警的报警号为 3＊9，＊代表数字 1、2、3 等，1 代表 X 轴，2 代表 Z 轴（M 系统为第二轴）等。

6.5 伺服系统其他故障的维修

有时因为滑台或者滚珠丝杠等机械阻力，或者伺服使能条件没有满足造成伺服系统不能正常工作。

机械阻力过大，一般伺服系统都会产生过载报警，在诊断时通过盘动滑台也可判断阻力大小，如果确定是机械问题，机械问题排除后，伺服系统就会正常工作。

通过检查 PLC 梯形图中有关伺服的使能条件，可以查找伺服使能条件没有满足的原因，排除后，伺服系统就会恢复正常工作。

例 1 一台数控车床出现报警408“SERVO ALARM（SERIAL NOT RDY)”（伺服报警，串行主轴没有准备）。

数控系统： FANUC 0T 系统。

故障现象： 这台机床一次出现故障，出现 408 报警，伺服系统不

能工作。

故障分析与检查：出现报警后，对系统进行检查，除了 408 报警外还有报警 414“SERVO ALARM：X AXIS DETECT ERR”（伺服报警 X 轴检测错误）和 424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERR”（伺服报警 Z 轴检测错误）。其中 408 报警是主轴报警，X、Z 轴和主轴都报警说明是公共故障，因此对伺服系统的电源模块进行检查，发现电源模块的直流母线松动，通电时接触不好，产生火花，从而产生报警。

故障处理：将直流母线紧固好后，通电试车，机床恢复正常工作。

维修技巧：因为三个伺服轴（包括两个进给伺服、一个伺服主轴）都报警，所以是伺服控制的公共故障，应该检查公共问题。

例 2　一台数控车床出现报警420“Servo alarm second axis excess error”（伺服第二轴超差报警）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床一走 Z 轴就出现报警 420，指示 Z 轴超差。

故障分析与检查：仔细观察故障现象，当摇动手轮让 Z 轴运动时，屏幕上 Z 轴的数据从 0 变化到 0.1 左右时就出现报警 420，从这个现象来看是数控系统让 Z 轴运动，但没有得到已经运动的反馈，当指令值与反馈值相差一定数值时，就产生了 420 报警。

这个报警包含两个问题，第一，Z 轴已经运动但反馈系统出现问题，没有将反馈信号反馈给数控系统，但观察故障现象，这时 Z 轴滑台并没有动，说明不是位置反馈系统的问题；第二，虽然数控系统已经发出运动的指令，但由于伺服模块、伺服驱动单元或者伺服电动机等出现问题，最终没有使 Z 轴滑台运动。

因此，首先更换数控系统的伺服模块，但没有解决问题；检查伺服驱动单元也没有发现问题；最后在检查 Z 轴伺服电动机时发现，其电源插头由于经常振动而脱落。

故障处理：将伺服电动机的电源插头插接上并锁紧后，重新开机，机床故障消失。

例 3 一台数控车床 X 轴振动过大。

数控系统：西门子 840C 系统。

故障现象：这台机床投入使用几年后，X 轴运动时的振动越来越大，最后影响到加工工件的表面粗糙度，并且系统没有报警。

故障分析与检查：对机床的丝杠和滑台进行检查并没有发现问题，更换伺服电动机和伺服控制器都没有解决问题。因此怀疑伺服系统使用一段时间后，数据需要重新调整。

故障处理：找到关于 X 轴的加速度数据 2760 和 Kv 数据 2520 后，数据向低调整，直到没有振动为止。

维修总结：很多数控机床出现伺服轴振动，如果没有发现机械问题，那么都可以通过调整伺服轴的增益来消除振动。

例 4 一台数控车床出现报警 1120“Clamping monitoring”（卡紧监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床的 X 轴在开机回参考点和手动时，出现 1120 报警。

故障分析与检查：观察故障现象，在 X 轴回参考点或手动时，实际上 X 轴滑台并没有运动，X 轴伺服电动机也不转。

这台机床的伺服系统采用西门子 611A 交流模拟伺服控制装置，在出现报警时伺服模块上没有任何报警指示。在检查时发现，X 轴伺服模块上来自 NC 的给定信号端子排 X331 没有插接好，NC 信号的连接参考图 6-3，611A 上的端子 56 和 14 连接伺服给定信号。在 X 轴发出运动指令时，在端子 56、14 上检查有给定信号，说明数控系统工作正常。

故障处理：将端子排 X331 插接好后，重新开机，机床恢复正常工作。

例 5 一台数控内圆磨床出现报警 1320“Control loop hardware”（控制环硬件）。

数控系统：西门子 810G 系统。

故障现象：这台机床在工作时经常出现 1320 报警，指示 X 轴有

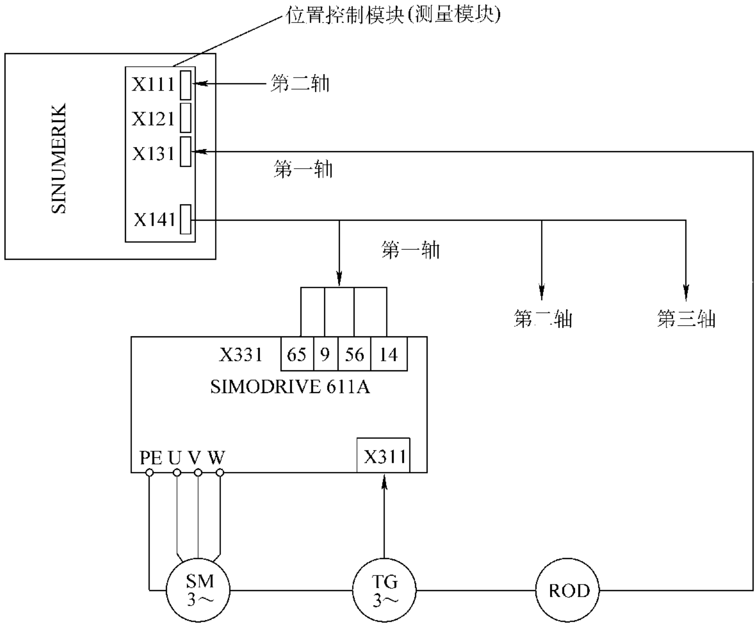


图 6-3　西门子 810T 系统伺服控制连接示意图

问题。

故障分析与检查： 西门子 1320 报警指示 X 轴位置反馈回路有问题，首先与其他机床互换系统测量模块，但这台机床的故障依旧，另一台机床还是正常，说明测量模块没有问题。

更换 X 轴伺服电动机后面的编码器也没有解决问题。

图 6-4 是系统测量模块与编码器的连接图，根据这个连接图对电缆连接进行检查，发现有些导线阻值过大，说明编码器电缆有折断现象，造成接触不良。

故障处理： 更换编码器反馈电缆，机床报警消除。

例 6　一台数控车床 X 轴运动出现报警 1160“X axis contour monitoring”（X 轴轮廓监视）。

数控系统： 西门子 840C 系统。

故障现象： 这台机床开机 X 轴回参考点时出现 1160 报警，并且 X 轴滑台没有动。

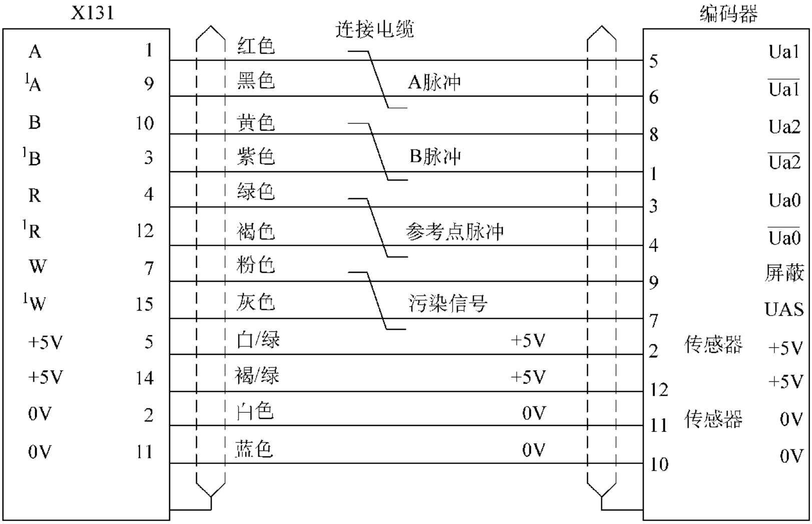


图 6-4　测量模块编码器输入与编码器连接图

故障分析与检查：手动移动 X 轴也出现 1160 报警，根据故障现象和报警信息，机床的 X 轴得到运动指令后，实际上并没有移动，所以产生 1160 报警。

因为 X 轴滑台没有动，所以首先检查 X 轴伺服电动机的驱动电压，在让 X 轴运动时，伺服电动机没有驱动电压，说明伺服电动机没有问题。

这台机床的伺服控制采用德国 INDRAMAT 交流模拟伺服驱动装置，在启动 X 轴时，检测 X 轴伺服控制装置端子 1、2 之间的给定电压，有电压输入，说明数控系统已经输出了运动指令值，但检查 7 号端子的使能信号时，却发现没有使能信号。

查看这台机床的电气图样，分析使能的给定原理，这台机床除了系统给出使能外，PLC 也给出了使能信号，如图 6-5 所示，其使能信号连接如图 6-6 所示。

首先检查 PLC 的 X 轴使能信号 Q1.4 为“1”没有问题，继电器 K1.4 的触点也闭合了。根据图 6-6 所示的连接图进行逐个检测，840C 测量模块 X 轴伺服使能信号没有问题，X 轴伺服控制器准备好

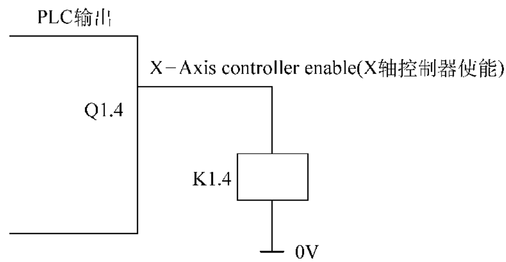


图 6-5　PLC X 轴伺服使能输出信号

信号也正常，只是发现刀塔噪声监测仪的触点没有闭合，发现该监测仪有报警信号。

故障处理：复位刀塔噪声监测仪的故障信号，这时机床 X 轴进给运动恢复正常。

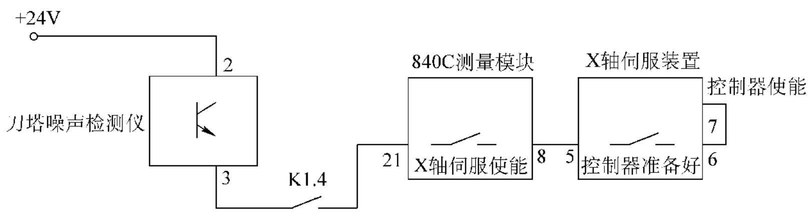


图 6-6　X 轴伺服使能连接图

例 7　一台数控车床飞车并产生报警 1120 “Clamping Monitoring”（卡紧监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机 X 轴一运动就飞车，并产生 1120 报警。

故障分析与检查：这台机床是在更换 X 轴伺服电动机后，出现的这个故障。因此，怀疑相序连接有问题，对相序进行检查，发现确实接错了。

故障处理：按正确的相序连接伺服电动机，开机运行，机床恢复正常工作。

维修说明：伺服电动机的相序连接非常重要，如果相序不

对，会产生意想不到的故障，可能会飞车，如这个实例。所以在更换伺服电动机时要注意相序问题，如果没有把握，可以先不要连接到滚珠丝杠上，先试验好后，再连接。

伺服系统报警另一类原因是机械问题，丝杠或者滑台出现问题，正常伺服系统出现故障报警。

下面结合实例介绍这类故障的维修。

例 8　一台数控车床出现报警 421“SERVO ALARM：(Z AXIS EXCESS ERROR)”(伺服报警：Z 轴超差错误)。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在 Z 轴移动时，出现 421 报警，指示 Z 轴运动时位置超差。

故障分析与检查：出现故障后关机再开，报警消除，当移动 Z 轴时，Z 轴滑台运动一段距离后，就出现 421 报警，并向相反方向回走一段距离。反复观察故障现象，发现出现故障是在一个相对固定的位置。

检查 Z 轴连接电缆没有发现问题，因此认为机械故障的可能性比较大。将 Z 轴防护罩拆开进行检查，发现丝杠护管因长时间工作，压缩变形，到固定位置造成阻力过大，不能行走并向反方向反弹。

故障处理：更换丝杠护管后，机床恢复正常工作。

例 9　一台数控车床出现报警 411“SERVO ALARM：X AXIS EXCESS ERROR”(伺服报警：X 轴超差错误) 和 414“SERVO ALARM：X AXIS DETECT ERROR”(伺服报警：X 轴检测错误)。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在 X 轴移动时出现 411 和 414 号报警，指示 X 轴伺服驱动故障。

故障分析与检查：据操作人员反映，故障是机床开机运行一段时间之后发生的。出现故障后，关机过一会再开机，机床还可以运行一段时间。出现故障后利用系统诊断功能检查诊断数据 DGN720，发现 DGN720bit7 为“1”，指示 X 轴伺服电动机过热。这时检查 X 轴伺服电动机发现确实很热。

根据这些现象分析可能是机械负载过重，将 X 轴伺服电动机拆下，手动转动 X 轴滚珠丝杠，发现阻力很大，由此判断故障原因确实是机械问题。

拆开 X 轴护板，发现导轨上切屑堆积很多，导轨磨损也很严重。

故障处理：清除切屑并对 X 轴导轨进行维护润滑，加强护板密封，防止切屑进入导轨，这时开机测试，机床恢复稳定运行。

例 10 一台数控车床出现报警 300608“Axis Z speed controller at limit”（Z 轴速度控制器达到极限）。

数控系统：西门子 840D 系统。

故障现象：这台机床在 Z 轴运动时出现 300608 报警，指示 Z 轴伺服有问题。

故障分析与检查：查阅 840D 系统的帮助信息，300608 报警故障原因有机械负载过重原因和电气故障两种。

为了区分机械原因还是电气原因，将 Z 轴伺服电动机和滚珠丝杠脱开，只运行伺服电动机，这时没有报警，说明可能是机械原因。

对滚珠丝杠进行检查，发现滚珠丝杠螺母锁紧背母松动，当丝杠螺母旋转到某一速度时，锁紧背母蹭到端盖，造成扭矩过大，引起报警。

故障处理：将滚珠丝杠螺母锁紧背母锁紧后，这时运行机床，机床正常运行。

例 11 一台数控车床出现报警 411“SERVO ALARM：X AXIS EXCESS ERROR”（伺服报警：X 轴超差错误）。

数控系统：FANUC 0TD 系统。

故障现象：这台机床在 X 轴移动时经常出现 411 报警，指示 X 轴伺服系统有问题。

故障分析与检查：系统报警手册对 411 报警的解释为：X 轴的指令位置与实际机床位置的误差在移动中产生的偏差过大。为了确认故障原因，调整 X 轴的运行速度，这时观察故障现象，当进给速度相对比较大时出现 411 报警的概率比较低，而进给速度比较低时出现 411 报警比较频繁。

为了排除伺服参数设定的问题，将该机床的机床数据与其他机床

对比，没有发现有改变的。适当调整机床数据 PRM517（位置环增益）、PRM522（X 轴快进加减数时间常数）、PRM529（切削进给加减速时间常数）和 PRM601（X 轴手动进给加减速时间常数），故障依旧。

检查伺服系统的供电电压三相平衡且幅值正常，更换伺服驱动模块也没有解决问题。

对 X 轴伺服系统的连接电缆进行检查也没有发现问题。

为此认为机械部分出现问题的可能性比较大，将 X 轴伺服电动机拆下，直接转动 X 轴的滚珠丝杠，发现有些位置转动的阻力比较大。将 X 轴滑台防护罩打开发现 X 轴滑台润滑不均匀，有些位置明显没有润滑油，检查润滑油泵发现工作不正常。

故障处理：更换新的润滑油泵，充分润滑后，这时机床工作恢复正常。

例 12 一台数控车床出现报警 421“SERVO ALARM：（Z AXIS EXCESS ERROR)”（伺服报警：Z 轴超差错误）和 424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERROR”（伺服报警：Z 轴检测错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在 Z 轴移动时出现 421 和 424 号报警，指示 Z 轴伺服故障。

故障分析与检查：这台机床的伺服系统采用 FANUC α 系列数字伺服驱动装置，检查伺服装置发现在伺服驱动模块上有“9”号报警，指示 Z 轴伺服电动机过流。

关机再开，报警消除，Z 轴还可以运动一段时间，因此认为可能问题出在机械方面，将 Z 轴伺服电动机拆下，手动转动 Z 轴滚珠丝杠，发现阻力很大。

将护板拆开检查 Z 轴丝杠和导轨，发现导轨没有润滑。继续检查发现润滑“定量分油器”工作不正常。

故障处理：更换润滑“定量分油器”后，对 Z 轴导轨进行充分润滑，这时运行 Z 轴，故障消除。

例 13 一台数控车床报警 421“SERVO ALARM：Z-AXIS EXCESS ERROR”（Z 轴偏差超出），424“SERVO ALARM：Z-AXIS

DETECTION SYSTEM ERROR”（Z 轴检查系统错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在自动加工中突然出现 ALM411、ALM424 报警，指示 Z 轴移动出现问题。

故障分析与检查：根据报警信息，Z 轴 ALM411 报警指示 Z 轴移动过程中位置偏差过大，ALM414 报警指示伺服检测系统出错，为此，对 Z 轴伺服控制器进行检查，发现 αi 伺服控制装置显示字符“8.”，指示 IPM 过热。可能原因为 Z 轴过流、电动机过载等。调出系统诊断数据 DGN 200，指示 Z 轴驱动器过流。为此，首先对 Z 轴滑台、丝杠进行检查，发现润滑系统有问题。

故障处理：对润滑系统进行调整，并充分润滑后，再运行加工程序，机床正常运行。

维修总结：通过上述三个实例的维修来看，数控机床的润滑系统是相当重要的，通常数控机床都采用自动润滑，所以机床操作人员和维修人员要定期检查润滑系统，保证润滑系统正常运行，这样可以减少机床的机械磨损，降低故障率。

第 7 章　数控车床的机床参考点与返回参考点的故障维修

7.1　数控机床参考点的概念

7.1.1　机床参考点

机床参考点（Machine Reference Position）就是给机床各个进给轴预设置的一个位置，对于采用增量控制的系统，用来确定初始位置，也就是确定了机床坐标系的原点。

7.1.2　为什么要返回参考点

在机床通电后，要在机床上建立一个唯一的坐标系，而大多数数控机床的位置反馈系统都使用增量式的旋转编码器或者增量式光栅尺作为反馈元件，因而机床在通电开机之后，无法确定当前在机床坐标系中的真实位置，所以都必须首先返回参考点，从而确定机床的坐标系原点。

7.2　数控车床返回参考点的方式

现代数控车床一般都采用增量式的旋转编码器位置反馈元件，因而机床在每次开机之后都必须首先寻找参考点，以确定机床的坐标原点。寻找参考点主要与零点开关、编码器（或者光栅尺）的零点脉冲有关，一般有两种方式，下面逐一介绍。

7.2.1　不自动识别返回参考点方向

当系统设置为不自动识别返回参考点方向时，零点开关碰块通常设置在伺服轴行程中部位置，这时返回参考点的过程可能有 3 种情况。

1. 伺服轴返回参考点时停在零点开关碰块的前面

返回参考点时，按相应的伺服轴方向键后，伺服轴首先以寻找参考点的速度运行，当压上零点开关时，减速到参考点慢速，离开零点开关碰块时，开始接收零点脉冲，当接收到零点脉冲后，确定参考

点。其过程如图 7-1 所示。

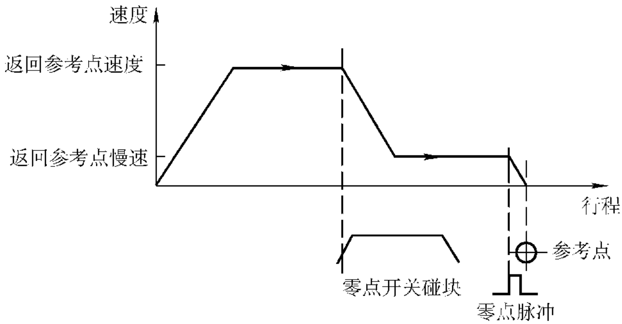


图 7-1　轴在参考点碰块前方的返回参考点过程

2. 伺服轴压在零点开关上

如图 7-2 所示，按机床数据中规定的方向键后，因为轴在参考点碰块上，所以伺服轴立即加速到参考点慢速，当离开零点开关碰块时，开始接收零点脉冲，当接收到零点脉冲时，确定参考点。

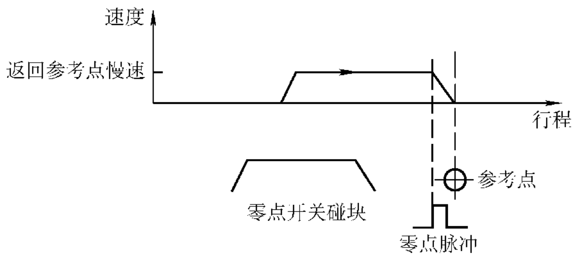


图 7-2　轴在参考点碰块上的返回参考点过程

3. 伺服轴在零点开关后面

如图 7-3 所示，因为伺服轴没有压在零点开关碰块上，所以按下规定的方向键后，首先加速到返回参考点的速度，因为没有返回到参考点，所以软件限位不起作用，直到压上限位开关，产生报警，伺服轴运动才停止。

所以在不自动识别返回参考点方向时，开机后应手动将轴向返回参考点方向的相反方向移动一段距离，使轴不在参考点碰块之后，以避免上述情况的发生。

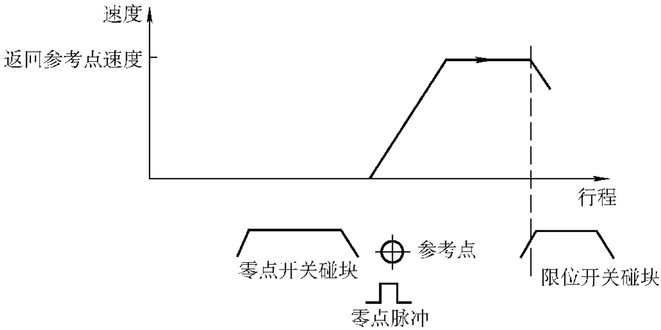


图 7-3　轴在参考点碰块后面的回参考点过程

7.2.2　自动识别返回参考点的方向

当系统设置为自动识别返回参考点的方向时，通常零点开关设置在轴的一端，靠近这端的限位开关。只要按系统指定的按键，系统就会自动识别返回参考点的方向，寻找参考点。通常有两种不同的寻找参考点的过程。

1. 压上零点开关后寻找零点脉冲

1）如果伺服轴没有压在零点开关上，按相应的返回参考点启动按键后，伺服轴向预定方向快速运动，压上零点开关后伺服轴减速向前继续运动，直到数控系统接收到第一个零点脉冲，伺服轴停止运动，数控系统自动设定零点坐标值。返回参考点的过程如图 7-4 所示。

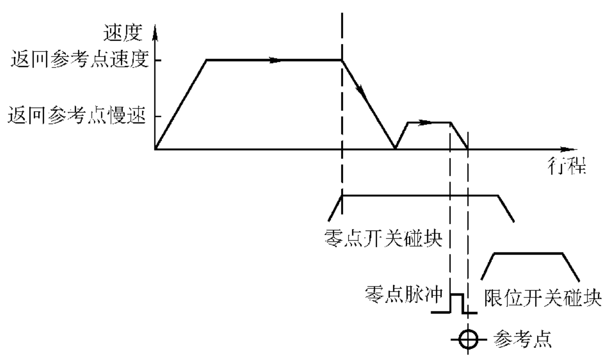


图 7-4　伺服轴在限位开关碰块前面自动识别
返回参考点方向的返回参考点过程

2）如果在返回参考点时，伺服轴恰好压在零点开关上，伺服轴的运动方向与上述的预定方向相反，离开零点开关后，减速至0，然后反向运动，再次压上零点开关后，准备接收第一个零点脉冲，以确定参考点。返回参考点的过程如图7-5所示。

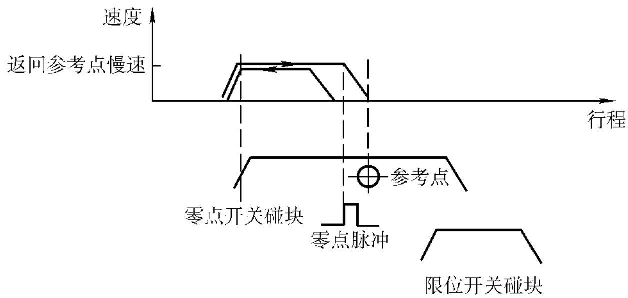


图7-5　伺服轴在零点开关碰块上自动识别返回参考点方向的返回参考点过程

2. 脱离零点开关寻找零点脉冲

1）如果伺服轴没压在零点开关上，按相应的返回参考点启动按键后，伺服轴快速按预定方向运动，压上零点开关后，减速至0，然后反向慢速运动，当又脱离零点开关后，数控系统接收第一个零点脉冲时，确定参考点。其过程如图7-6所示。

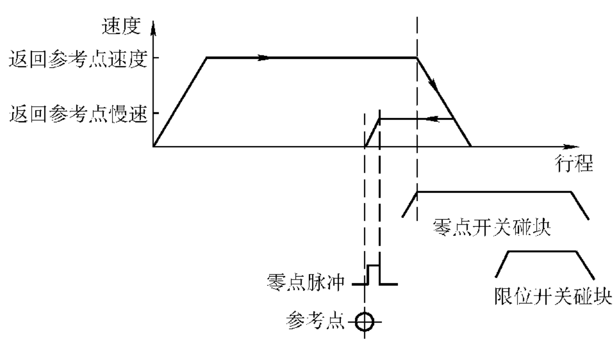


图7-6　伺服轴在零点开关碰块前面自动识别返回参考点方向的返回参考点过程

2）如果在返回参考点时，伺服轴恰好压在零点开关上，伺服轴的运动方向与上述的预定方向相反，离开零点开关后，PLC 产生减速信号，使数控系统在接收到第一个零点脉冲时确认参考点。其过程如图 7-7 所示。

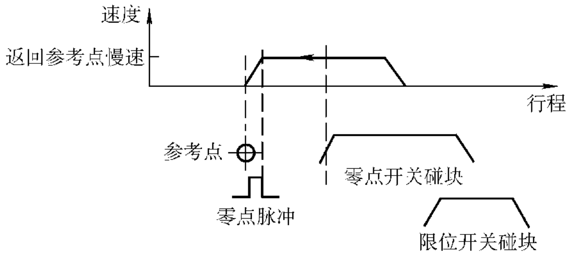


图 7-7　伺服轴在零点开关碰块上自动识别返回参考点方向的返回参考点过程

7.3　诊断返回参考点故障的方法与技巧

因为数控车床位置反馈元件通常采用增量式旋转编码器，为此要求机床每次开机都必须返回参考点，以确定机床的坐标原点。因此返回参考点的故障也是数控车床的常见故障。

数控车床返回参考点故障的原因：根据数控车床返回参考点的原理和过程，机床不返回参考点的主要原因有伺服系统故障、零点开关损坏、零点脉冲丢失、数控系统测量板故障以及外围故障，另外有时因为零点脉冲与零点开关和限位开关位置调整不好，返回参考点也会出现故障。

返回参考点故障诊断框图如图 7-8 所示。

如果位置反馈元件有问题，在换上新的反馈元件后，机床的坐标原点一般都会发生变化。在自动加工之前要进行检查和校对，如果发生了变化，要及时调整加工程序或进行机床的零点补偿。

维修技巧：重新换上零点开关或编码器后，要调整好零点

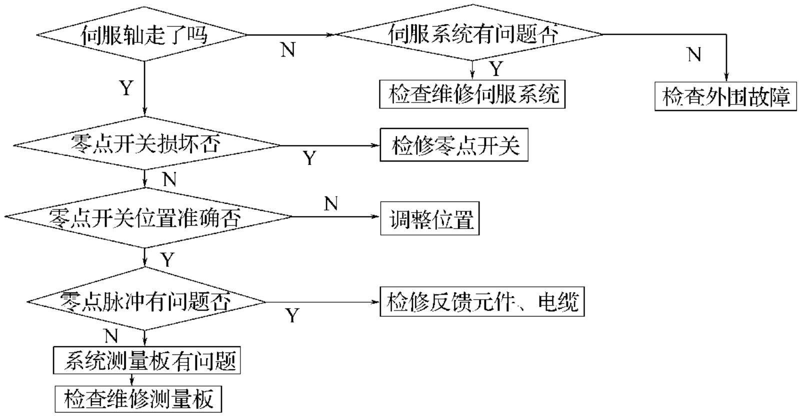


图 7-8　返回参考点故障诊断框图

脉冲与零点开关的距离，最好压上零点开关后，编码器再转半圈左右发出零点脉冲，否则，太近或太远都可能造成返回参考点不准的故障。

7.4　返回参考点故障的维修实例

7.4.1　零点开关的故障

零点开关在返回参考点时是一个关键的元件，为了保证参考点的唯一性，只有伺服轴压上零点开关或者离开零点开关，数控系统才能接收零点脉冲。


维修技巧：诊断是否为零点开关的故障，观察在经过零点开关时是否有减速过程，或者利用数控系统的 PLC 状态显示功能，检查压上或者离开零点开关时，相应的 PLC 的输入状态是否改变。

下面结合一些故障排除实例介绍故障排除方法和技巧。

例 1　一台数控车床 X 轴找不到参考点。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在开机返回参考点时，X 轴找不到参考点，出现报警 2041“X-AXIS OVER TRAVEL”（X 轴超行程）。

故障分析与检查：观察寻找参考点的过程，X 轴一直向前运动，

没有减速过程，直到压上限位开关。根据故障现象和工作原理进行分析，怀疑零点开关有问题，检查发现确实是零点开关损坏，使 PLC 没有向 NC 系统提供减速信号，所以 X 轴一直运动直到压上限位开关。

故障处理：更换新的开关，故障排除。

例 2　一台数控车床回参考点时出现 2050 号报警。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台数控机床在开机之后回参考点时出现报警 2050 “X AXIS OVER TRAVEL”（X 轴超行程），并停机。

故障分析与检查：观察故障现象，在机床开机之后回参考点时，X 轴先走，按＋X 键后 X 轴正向运动，屏幕上显示 X 轴运动的数值，在压上零点开关后，X 轴减速后一直运动直到压上限位开关，出现 2050 报警。

因为能减速运动说明零点开关应该没有问题，那么可能是 X 轴脉冲编码器有问题，更换编码器故障依旧。

更换数控系统的伺服轴控制模块，故障也没有消除。

重新分析回参考点的工作原理，在回参考点时，压上零点开关后，开始减速，在离开零点开关之后，再接收编码器的零点脉冲，以确定参考点。

压上零点开关能减速只能说明减速开关能够压上断开，用 DGNOS PARAM 功能检查 X 轴零点开关的输入 X16.5 的状态，压上零点开关后其状态从“1”变成“0”，但离开开关后没有马上变回“1”，而是在报警出现之后才变成“1”。说明零点开关有问题，常闭触点能断开，但可能簧片弹性有问题不能及时闭合，将开关拆开检查，发现机床的冷却液进入开关内，使开关失灵。

故障处理：将零点开关内的油污清除，把开关修复。零点开关重新安装上后，机床故障消除。

例 3　一台数控车床 Z 轴找不到参考点。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：观察故障的发生过程，当返回参考点时首先 X 轴返回参考点，没有问题，然后 Z 轴返回参考点，这时 Z 轴一直正向运

动，没有减速过程，直至运动到压上限位开关，产生超限位报警。

故障分析与检查：根据故障现象和工作原理进行分析，可能是零点开关有问题。Z 轴的零点开关接入 PLC 的输入 I12.2，用数控系统的 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输入 I12.2 的状态，发现其状态为“0”，在返回参考点的过程中一直没有变化，更证明是零点开关出现了问题；但检查零点开关却没有问题，再检查其电气连接线路，发现这个开关的电源线折断，使 PLC 得不到零点开关的变化信号而没有产生减速信号。

故障处理：重新连接线路，故障消除。

例 4　一台数控车床 X 轴回参考点时 X 轴向回参考点相反方向移动。

数控系统：西门子 840D 系统。

故障现象：这台机床在开机回参考点时，X 轴一直向回参考点相反的方向移动，直到急停按钮被按下。

故障分析与检查：分析这台机床的回参考点的工作过程，如果没有压在零点开关上，那么回参考点时，向零点开关方向移动，压上零点开关后，减速停止移动，然后反向运动，脱离零点开关后，接收到第一个零点脉冲即确定参考点；如果开机时压在零点开关上，回参考点时向回参考点相反方向运动，脱离零点开关后，接收到第一个零点脉冲即确定参考点。

这台机床 X 轴的零点开关接入 PLC 的输入 I32.2，利用系统 Diagnosis（诊断）功能检查 I32.2 的状态为“0”，按照机床的工作原理，零点开关被压下时为断开状态，即 PLC 输入为“0”，但检查零点开关并没有被压下，这时其触点断开说明开关损坏，检查这个开关发现确实损坏了，常闭触点不能闭合。因为零点开关始终不能闭合，系统一直认为零点开关还压着，所以向脱离零点开关的方向一直运动。

故障处理：更换零点开关后，机床恢复正常工作。

例 5　一台数控车床 X 轴找不到参考点。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在返回参考点时出现报警 1120“CLAMP-

ING MONITORING”（卡紧监视），指示 X 轴出现问题。

故障分析与检查：观察故障现象，在返回参考点时 X 轴正向运动，但没有减速的过程，直到出现 1120 号报警。根据故障现象分析，因为没有减速过程说明可能是 X 轴零点减速开关有问题，压上后，开关触点没有动作，X 轴为寻找零点减速开关还一直正向运动直到撞上机械限位机构（经检查限位开关撞块已移位，不能起到保护作用），出现 1120 报警。在 X 轴返回参考点的过程中，通过系统的 PLC 状态信息显示功能检查正向限位开关的 PLC 输入 I12.1 的状态，发现其状态一直为“1”，没有变化，说明确实是减速零点开关损坏。

故障处理：更换零点开关，机床故障消失。

7.4.2 位置反馈元件的问题

零点脉冲是返回参考点的重要标志，当零点开关动作后，PLC 产生减速信号，数控系统接收到减速信号后，开始等待接收零点脉冲，数控系统接收到零点脉冲后，即确认参考点。所以如果位置反馈元件发不出零点脉冲，数控系统也就确定不了参考点。

维修技巧：在实际故障诊断过程中，如果发现 PLC 已经产生减速信号，但还是返回不了参考点，多半是位置反馈元件有问题。

下面介绍一些故障维修实例。

例 1 一台数控车床在返回参考点时，找不到参考点，并出现报警1360“MEAS. SYSTEM DIRTY”（测量系统脏）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床开机 X 轴返回不了参考点，还出现 1360 报警，指示 X 轴测量系统脏。

故障分析与检查：因为是 X 轴报警，对有关 X 轴的伺服系统进行检查，在检查 X 轴编码器时，发现电缆插头内有很多切削液。

故障处理：将编码器电缆插头中的液体清除，进行清洁烘干处理，然后采取密封措施，重新插接，通电开机，机床恢复正常工作。

例 2 一台数控车床在 Z 轴返回参考点时出现超行程报警。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在返回参考点时，X 轴正常没有问题，Z 轴

返回参考点时出现超行程报警。

故障分析与检查：观察Z轴返回参考点的过程，在压上零点开关后，减速运行，但一直运动不停，直到压上限位开关。根据故障现象判断，零点开关没有问题，可能位置反馈元件没有发出零点脉冲。这台机床Z轴采用旋转编码器作为位置反馈元件，内置在伺服电动机上，利用示波器检查零点脉冲确实没有发现，说明脉冲编码器有问题。

故障处理：更换伺服电动机的内置编码器，机床恢复正常工作。

7.4.3 其他引起返回参考点不正常的故障

例1 一台数控车床在Z轴返回参考点时出现520报警。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床在开机返回参考点时出现报警520“OVER TRAVEL：+Z AXIS”（Z轴运动超正向限位）。关机再开返回参考点时，还是出现这个报警。

故障分析与处理：根据系统手册对这个报警的解释，这个报警指示Z轴返回参考点时超正向软件限位。在正常情况下，在没有返回参考点时软件限位不应该起作用，为了能够返回参考点，可以先将软件限位区域放大。将Z轴正向软件限位设定参数PRM702更改成9999999，这时返回参考点正常没有报警，返回参考点后，将软件限位改回原来的数值。

例2 一台数控车床X轴有时找不到参考点。

数控系统：西门子810T系统。

故障现象：这台机床在X轴返回参考点时，有时出现报警1120“CLAMPING MONITORING”，指示X轴超程。

故障分析与检查：检查零点开关没有问题；用示波器检查X轴编码器，零点脉冲正常没有问题，每走一圈，就有一个脉冲，说明编码器也没有问题；因此怀疑零点脉冲与零点开关太近，即有时压上零点开关后，马上就接收到零点脉冲，这时就能找到参考点，而有时零点开关压上后，断开较晚，这时已错过这圈的零点脉冲，还没有接收到下一个零点脉冲时，就压上限位了。

故障处理：将零点开关撞块向前调整3mm，这时运行机床再也

没有出现这个问题。

维修提示：通过这个实例可以看出，如果零点开关与零点脉冲之间的距离没有调整好，也会出现回参考点故障，或者参考点不准。

编码器的零点脉冲距离零点开关太近时，还有可能使参考点的位置不定，每次回参考的实际位置可能不是一个位置。如图 7-9 所示，因为每次离开参考点挡块的时机不可能完全一致，当稍早些（开关在 A 点断开），刚一离开挡块，就接收到编码器的零点脉冲（Z）见图 7-9（编码器回参考点时逆时针旋转），这时立即找到了参考点。如果零点开关稍微慢一些断开，在图 7-9 中 B 点断开，这时参考点脉冲刚刚错过，编码器旋转接近一周才能发出下一个参考点脉冲，这时找到的参考点与前一种情况下找到的参考点的距离为一个丝杠螺距。所以编码器在参考点脉冲附近离开参考点挡块是不合理的，在图 7-9 中圆弧 EFG 内是比较合理的，如果恰好在与参考点脉冲距离半周的 F 附近是最佳位置。

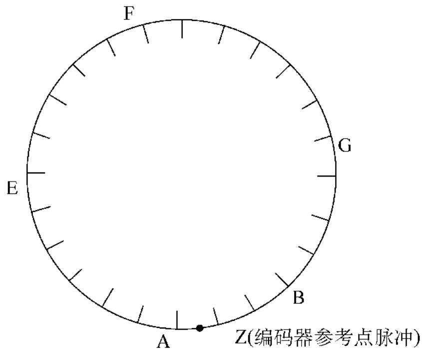


图 7-9　编码器参考点脉冲位置示意图

例 3　一台数控车床回参考点时出现报警 424“SERVO ALARM：Z AXIS DETECT ERR”（伺服报警：Z 轴检测错误）。

数控系统： FANUC 0TC 系统。

故障现象： 这台机床在回参考点时，X 轴正常没有问题，Z 轴出现 424 报警。

故障分析与检查： 询问机床操作人员，操作人员告知，只有在机床开机回参考点时出现这个报警，正常工作时从来不出现这个报警，说明问题不是很大。

观察回参考点的过程，Z 轴回参考点向正方向运行，压上零点开关后减速，脱离零点开关后，停止运动，屏幕 Z 轴零点坐标显示

5.760，这个数值就是零点坐标。但过几十秒后，出现424报警，这时Z轴坐标值变为5.130。多次观察，发现出现报警时，Z轴的坐标值都在5.1左右。

根据这些现象分析，怀疑系统接到零点脉冲后，减速过快，没有达到系统要求的定位精度。

首先怀疑伺服驱动模块低速驱动能力有问题，与其他机床互换，还是这台机床出现问题，说明不是伺服驱动模块的问题。

检查Z轴电动机和编码器，连接良好，没有发现问题。

因此怀疑Z轴滑台可能运动阻力变大，使Z轴低速运行时，停止过快。

故障处理：解决这个问题有几种方案，可以改善Z轴滑台的机械阻力，但手动转动Z轴滚珠丝杠，发现问题并不太大，这种情况下进行调整很繁琐。

那么提高回参考点的速度能否解决这一问题呢？将回参考点慢速机床数据PRM534从300改动为400，这时Z轴回参考点恢复正常。

维修总结：通过这个故障的维修，可以看到观察故障现象的重要性，搞清故障现象，可以为分析问题提供依据。

另外维修数控机床时，尽量化繁为简，以简制繁，用最简单的手段解决复杂的问题是维修的最高境界。

第 8 章　数控车床主轴系统与刀塔系统的故障维修

8.1　数控车床主轴系统的故障维修

8.1.1　概述

主轴系统是数控车床的基本配置，通常工件卡装在主轴上，主轴卡盘带动工件旋转，然后伺服轴带动滑台运动，刀塔固定在滑台上，利用刀塔的车刀进行切削加工。因为车刀切削旋转的工件，所以车床的主轴是一个动力部件。

数控机床的主轴系统一般有三种方式：

1）伺服主轴。现代数控车床使用的主轴一般都是采用伺服主轴。伺服主轴又分为直流伺服和交流伺服，现在基本都使用交流伺服系统。

2）普通主轴。主轴电动机采用普通交流电动机，主轴起动只控制开和关，不控制速度调整。

3）传统主轴。这种主轴使用主轴箱变速，通过 PLC 控制电磁离合器实现有级变速，有时还配合交流电动机的星三角变换来实现有级变速，但这种方式基本不再使用了。

下面介绍主轴系统故障诊断实例。

8.1.2　主轴控制系统的故障

无论直流伺服主轴系统还是交流伺服主轴系统，都是由主轴伺服控制系统控制的，伺服控制系统一般都是电流、速度双闭环控制系统，使主轴稳定旋转。

例 1　一台数控车床出现报警409“SERVO ALARM（SERIAL ERROR)”（伺服报警，串行主轴错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在工作一段时间后，出现 409 报警，机床停止工作。关机一段时间再开还可以工作一段时间。

故障分析与检查：这台机床的主轴采用FANUC α系列交流伺服主轴系统。根据故障现象，因为停机一段时间还可以工作，说明系统硬件没有损坏。

在出现故障时，检查主轴放大器模块，发现其显示器上显示“09”号报警。

主轴模块“09”号报警含义：该报警指示模块过热，可能的原因如下：

1）驱动模块风机有问题。

2）环境温度过高。

3）冷却系统有问题，影响散热。

4）驱动模块长时间过载。

5）温度检测系统有问题。

为此，怀疑主轴放大器模块有问题，将主轴放大器模块拆开进行检查，发现模块内的冷却轴流风机严重损坏，在工作时不能旋转通风散热，从而使模块超温，产生报警停机。

故障处理：更换新的轴流风机，控制器重新安装上后，机床再也没有出现这个故障。

例2　一台数控车床主轴停车时间变长。

数控系统：FANUC 0TC系统。

故障现象：这台机床在主轴停车时，主轴停机时间变长，无报警显示，只是影响机床的使用效率。

故障分析与检查：首先对机床数据进行检查，没有发现问题，那么问题可能出在主轴控制器上。这台机床采用的是交流伺服主轴，对主轴控制系统进行检查，拆下控制板，发现板上一只制动电阻烧坏。

故障处理：更换新的电阻后，机床故障消失。这个故障是由于主轴控制器上一只制动电阻烧坏，使制动放电时间加长，致使主轴停车时间变长。

例3　一台数控车床主轴工作不正常。

数控系统：西门子805系统。

故障现象：转速不稳定。

故障分析与检查：这台机床的主轴是由普通交流电动机带动的，但是由西门子 SIMODRIVE611A 伺服系统控制的，在主轴旋转时测量转速给定信号，给定电压比较稳没有问题，说明问题与数控系统无关。测量电动机的电源发现供电不稳，可能伺服系统有问题，更换参数板没有解决问题，当将另一台的伺服放大器与这台机床的放大器互换时，这台机床恢复正常，故障转移到另一台机床，证明是伺服放大器出现故障。

故障处理：更换伺服放大器模块，机床恢复正常工作。

例 4　一台数控车床出现报警6020“Spindle current rectifier ready operation”（主轴电流整流器准备操作）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，出现 6020 报警，主轴无法起动。

故障分析与检查：这台机床的主轴采用直流电动机，使用直流控制器控制主轴运行。因为故障指示主轴控制器有问题，对主轴控制系统进行检查，发现有报警灯显示，说明主轴控制系统有问题。

故障处理：对直流控制器的控制单元进行维修后，机床恢复正常工作。

8.1.3　伺服主轴电动机

现在数控车床的主轴采用比较多的还是伺服主轴系统。伺服主轴电动机是伺服主轴系统的最终执行部件，它分为直流伺服主轴电动机和交流伺服主轴电动机两类。直流伺服主轴电动机由于采用电刷和换向环，所以容易出现问题，并且经常需要维护、更换电刷。交流伺服主轴电动机具有免维护的特点，不容易损坏。

1. 直流伺服主轴电动机

直流伺服电动机带有数对电刷，电动机旋转时电刷与换向器产生摩擦，将会逐渐磨损。电刷异常或者过度磨损，会影响直流伺服电动机的工作性能，所以应该对直流电动机进行定期检查和维护。

直流伺服主轴电动机检查步骤通常如下：

1）必须在机床处于断电的状态下且电动机已经完全冷却的情况

下进行检查。

2）取下橡胶刷帽，拧下刷盖取出电刷。

3）测量电刷长度，如 FANUC 直流伺服主轴电动机的电刷由 10mm 磨损到小于 5mm 时，必须更换同型号的新电刷。

4）仔细检查电刷的弧形接触面是否有深沟或裂痕，以及电刷弹簧上有无打火痕迹。如有上述现象，则要考虑电动机的工作条件是否过分恶劣或电动机本身是否有问题。

5）用不含金属粉末及水分的压缩空气导入装电刷的刷握孔，吹净粘在刷孔臂上的电刷粉末。如果难以吹净，可用一些带尖的工具轻轻清理，直至孔壁全部干净为止，但要注意不要碰到换向器表面。

6）重新装上电刷，拧紧刷盖。如果更换了新电刷，应使电动机空运行磨合一段时间，以使电刷表面和换向器表面吻合。

2. 交流伺服主轴电动机

交流伺服主轴电动机与直流伺服主轴电动机相比，最大的优点是不存在电刷维护问题。

交流主轴电动机与交流进给伺服电动机不同，交流主轴电动机采用感应电动机形式。这是因为受永磁体的限制，当容量做得比较大时电动机成本太高，使数控机床无法使用；另外数控机床的主轴驱动不必像伺服进给驱动系统那样，要求如此高的性能，调速范围也不要太大。因此采用感应电动机进行矢量控制就完全能满足数控机床主轴的要求。

目前 FANUC 公司有两个系列交流主轴电动机：S 系列电动机，额定输出功率范围为 1.5～37kW；P 系列交流主轴电动机，额定输出功率范围为 3.7～37kW。

西门子公司主要使用 1PH5 和 1PH6 两个系列的交流主轴电动机，功率范围为 3～100kW。

下面列举一些因为伺服主轴电动机问题引起机床故障的维修实例。

例 1 一台数控车床出现报警7006“SPINDLE SPEED NOT IN TARGET RANGE”（主轴速度没在目标范围内）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在运行加工程序起动主轴时出现 7006 报警。

故障分析与检查：因为报警指示主轴速度没在目标范围内，对主轴进行检查，发现根本没有旋转。这台机床的主轴采用直流主轴系统。在起动主轴时检查直流电动机，励磁电压和控制电压都有，控制部分没有问题。使机床断电，对直流电动机进行检查发现电动机绕组烧断。

故障处理：将电动机维修后，机床恢复正常工作。

例 2　一台数控车床主轴起动后有异响。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：起动主轴有异响。

故障分析与检查：手动起停主轴，发现主轴旋转时就有异响，转速越快响声频率越高，主轴停下后，响声也没有了。这台机床的主轴采用直流系统，对主轴系统进行检查，发现响声是主轴直流电动机发出的，并有火花产生。对主轴直流电动机进行检查，发现换向环已经被烧蚀，与电刷接触不良，所以电动机旋转时产生电火花，并伴随响声。

故障处理：对换向环进行处理，使表面平整光滑，安装上后机床恢复正常运行。

例 3　一台数控车床开机出现报警409“SERVO ALARM（SERIAL ERROR)”（伺服报警，串行主轴错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床开机后，出现 409 报警，主轴旋转速度只有 20 转左右，并且有异响。

故障分析与检查：因为报警指示主轴系统有问题，并且转速不正常，说明是主轴系统的故障。

这台机床的主轴采用 FANUC α 系列数字主轴系统检查主轴放大器，在放大器上数码管显示有 31 号报警，根据报警手册，31 号报警是速度检测信号断开。但检查反馈信号电缆没有问题，更换主轴伺服放大器也没有解决问题。

根据主轴电动机的控制原理在电动机内有一个磁性测速开关作为转速反馈元件，将这个硬件拆下检查，发现由于安装距离过近，主轴

电动机旋转时将检测头磨坏，说明磁性测速开关损坏。该磁传感器为FANUC 的产品，型号为 A860-0850-V320，外形如图 8-1 所示，中间圆形器件就是检测传感器。

该传感器安装在主轴电动机的轴端，与检测齿轮的间距应在 0.1～0.15mm 之间，在现场安装时，可调整到单张打印纸可自由通过，但打印纸对折放置于其间略紧即可。

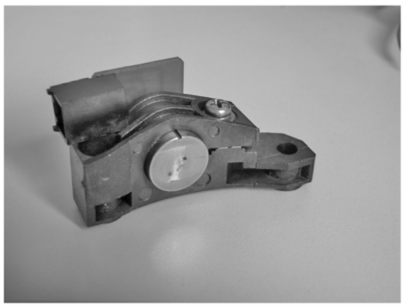


图 8-1　FANUC 主轴电动机测速传感器图片

故障处理：更换磁性测速开关，机床恢复正常工作。

8.1.4　转速检测元件的故障

数控车床通常采用旋转编码器作为转速检测元件，接入数控装置的测量板，数控系统接收到转速反馈后，在屏幕上显示转速数值。

下面介绍两个主轴编码器故障的处理实例。

例 1　一台数控车床出现报警2153 “Control loop spindle HW”（主轴控制环硬件）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在工作时出现故障，显示 2153 号报警。

故障分析与检查：因为 2153 报警指示主轴控制环硬件有问题，根据经验一般为测量反馈有问题。这台机床主轴采用旋转编码器作为转速反馈元件，在主轴旋转时，由编码器测量主轴转速，并在屏幕上显示转速数值，手动盘动主轴，屏幕主轴速度数值没有变化，检查编码器连接电缆没有问题，因此怀疑主轴编码器有问题。

故障处理：更换主轴编码器，机床恢复正常使用。

例 2 一台数控车床出现2154“Spindle measuring system dirty”(主轴测量系统脏)。

数控系统:西门子 810T 系统。

故障现象:这台机床一次出现故障,机床出现 2154 号报警。

故障分析与检查:因为西门子 810T 系统的 2154 报警指示主轴编码器信号有问题,因此对主轴反馈系统进行检查,反馈电缆和电缆接头都没有问题,所以问题可能出在主轴编码器上,采用互换法与这台机床另一个工位的主轴编码器对换,故障报警转移到另一工位上,说明确实是编码器出现故障。

故障处理:更换新的主轴编码器,机床故障消除。

例 3 一台数控车床主轴旋转出现报警 1068“ALARM-A SPEED DEVIATION TOO LARGE SPDL”(主轴转速偏差太大)。

数控系统:日本 OKUMA OSP 7000L 系统。

故障现象:这台机床主轴出现过载,更换主轴轴承后,开机启动主轴时出现 1068 报警,主轴转不起来。

故障分析与检查:因为是维修主轴之后出现的这个报警,首先怀疑主轴没有维修好,但进行检查没有发现问题。用低速旋转主轴,可以转起来,但机床主轴负载表显示负载率为 180%,过高,此时屏幕没有显示主轴速度。因此怀疑转速检测环节有问题,检查主轴速度检测传感器,发现由于安装不良,使传感器表面划伤,造成传感器损坏。

故障处理:更换传感器后,主轴恢复正常工作。

8.1.5 其他原因引起主轴系统的故障

例 1 一台数控车床起动主轴时出现报警6001“Spindle Fr. converter not OK”(主轴变频器有故障)。

数控系统:西门子 810T 系统。

故障现象:在起动主轴时出现 6001 报警,主轴起动不了。

故障分析与检查:这台机床的主轴电动机采用西门子交流主轴伺服电动机,是由西门子 611A 主轴控制器控制的,在出现故障时,检查主轴控制器,在控制器上有 F05 报警,指示电动机有问题。检查主轴电动机,发现有一根电源线脱落,造成电动机缺相,控制器产生报警,使主轴起动不了。

故障处理：将主轴电动机的电源线连接好后，主轴恢复正常工作。

例 2 一台数控车床出现报警6019“SPINDLE MOTOR FIELD MONITORING”（主轴电动机励磁监视）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，机床开机后出现 6019 报警，指示主轴电动机励磁有问题。

故障分析与检查：这台机床的主轴系统采用直流系统，为防止出现意外，主轴控制系统监控直流主轴电动机的励磁电源，其反馈信号接入 PLC 输入 I4.6，利用系统 DIAGNOSIS（诊断）功能检查 PLC 输入 I4.6 的状态确实为“0”，指示励磁电源有问题。对直流控制系统的励磁电源进行检查，发现控制板上的熔丝烧断，对电路和电动机进行检查都没有发现问题。说明故障原因就是熔丝意外熔断。

故障处理：更换控制板上的熔丝，通电再试，机床报警消失，恢复了正常工作。

例 3 一台数控车床主轴起动时，出现报警6023“Spindle temperature NOK”（主轴温度不正常）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：在机床起动后，就出现这个报警，主轴无法起动。

故障分析与检查：因为系统报警为主轴超温报警，检查主轴电动机，并不热。根据西门子 810T 系统的报警机理，6023 报警是因为 PLC 标志位 F102.7 被置位引起的，关于 F102.7 的梯形图如图 8-2

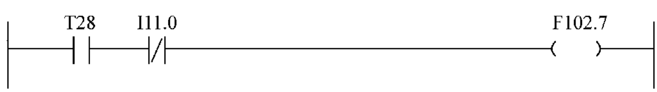


图 8-2 产生 PLC 报警 6023 的梯形图

所示。由于 T28 的状态为“1”和 I11.0 的状态为“0”，使标志位 F102.7 被置“1”。根据机床工作原理，T28 的状态为“1”是正常的，PLC 输入 I11.0 连接的是主轴电动机内的热敏电阻，如图 8-3 所示。测量电动机的热敏电阻阻值正常没有问题，测量电动机上的热敏电阻端子上的电压，两个连接端子都没有 24V 电压，说明 24V 电源没有连入热敏端子，根据图样进行检查，发现端子 23 松动，使 24V

电源断开。

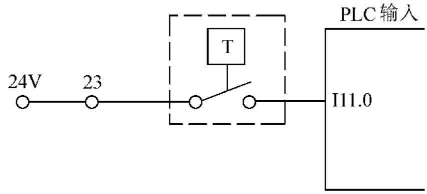


图 8-3　PLC 输入 I11.0 的连接图

故障处理：将 23 号端子的螺钉紧固后，机床报警消除，恢复了正常工作。

例 4　一台数控车床起动主轴时出现报警7006 “Spindle speed not in target range”（主轴速度不在目标范围内）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，在起动主轴旋转时出现 7006 报警，不能进行自动加工。

故障分析与检查：因为故障指示主轴有问题，观察主轴已经旋转，在屏幕上检查主轴转速的数值，发现为 0，所以出现报警。但实际上主轴不但已经旋转而且转速也问题不大，可能是转速反馈系统有问题。为此对主轴系统进行检查，这台机床的主轴编码器是通过传送带与主轴系统连接的，检查发现传送带已经断了，使主轴编码器不随主轴旋转，造成没有速度反馈信号。

故障处理：更换传送带，机床恢复正常工作。

例 5　一台数控车床主轴转速不稳。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：在机床切削加工过程中，主轴转速不稳定。

故障分析与检查：利用 MDI 方式起动主轴旋转时，发现主轴稳定旋转没有问题；而自动切削加工时，经常出现转速不稳的问题。在加工时观察系统屏幕，除了主轴实际转速变化外，偶然发现主轴速度的倍率数值也在发生变化。检查主轴转速倍率设定开关没有问题，对电气连线进行检查，发现主轴倍率开关的电源连线开焊，在加工时由于振动导致电源线接触不好，有时能够接触上，有时接触不上，造成

主轴转速不稳。而在 MDI 方式，没有进行加工，没有振动，所以电源线连接上了，倍率没有变化，主轴转速也稳定。

故障处理：将该开关上的电源线焊接上后，主轴转速恢复稳定。

例 6　一台数控车床主轴电动机在旋转过程中突然停转，并出现报警 6010“Spindle controller no OK”（主轴控制器故障）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在主轴旋转时，主轴电动机突然停止转动，并出现 6010 报警，指示主轴控制系统故障。

故障分析与检查：这台机床的主轴控制系统采用西门子 6SC650 伺服控制装置，在出现故障时，发现主轴控制装置上有 F15 报警，F15 报警指示主轴电动机超温。检查主轴电动机温度确实很高，超过 150℃，怀疑主轴过负荷。待主轴电动机温度恢复正常，重新开机工作，监视主轴电动机的工作电流，正常没有问题。但主轴电动机温度过一段时间又开始上升，检查发现电动机的冷却风扇不转。进一步检查发现冷却风扇过滤网太脏，被灰尘堵住，风扇转不动。

故障处理：拆下冷却风扇并清洗，然后重新安装，并换上干净的过滤网，开机测试机床恢复正常工作。

例 7　一台数控车床出现 409 号报警。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床在运行时偶尔出现报警 409“SERVO ALARM：(SERIAL ERR)”（伺服报警：串行主轴故障）。

故障分析与检查：在出现报警时，机床伺服系统，这台机床的伺服系统采用 FANUC 的 α 数字伺服装置，在主轴模块上有时显示 AL－02，有时显示 AL－31，故障都是主轴旋转时发生的，说明主轴系统有问题。

主轴模块 AL－02 报警含义：该报警指示实际转速与指令值不符。可能的原因有：

1）电动机过载。

2）功率模块（IGBT 或 IPM）有问题。

3）CNC 设定的加/减速时间设定不合理。

4）速度反馈信号有问题。

5）速度检测信号设定不合理。

6）电动机绕组短路或者断路。

7）电动机与驱动模块电源线相序不对或者连接有问题。

主轴模块 AL－02 报警含义：该报警指示速度达不到额定转速，转速太低或不转。可能的原因有：

1）电动机负载过重（例如，抱闸没有打开）。

2）电动机电枢相序不正确。

3）速度检测电缆连接有问题。

4）编码器有问题。

5）速度反馈信号太弱或信号不正常。

综上所述，怀疑电动机转速检测元件有问题，这台机床的主轴采用磁传感器检测主轴速度，检查磁传感器发现检测距离过大。

故障处理：调整磁传感器的位置，这时运行机床，机床稳定运行，再也没有出现这个报警。

8.2 数控车床刀塔系统的维修

8.2.1 概述

刀塔是数控车床的重要配置，一般数控车床都有 4～12 把刀的刀塔，在加工过程中自动寻找刀号，提高加工效率。

数控车床的刀塔分为转塔式和排刀式两大类。转塔式刀塔也称刀塔，是普遍采用的刀塔形式，它通过刀塔头的浮起、旋转、定位来实现机床的自动换刀工作。

两坐标连续控制的数控车床，一般都采用 6～12 工位转塔式刀塔。排刀式刀塔主要用于小型数控车床，适用于短轴或套类零件加工，但使用范围非常小。

刀塔换刀动作根据数控指令进行，由液压系统通过电磁换向阀和顺序阀进行控制，其动作过程可分为如下几步：

1．刀塔浮起

当数控系统发出换刀指令后，首先由 PLC 发出刀塔浮起指令，

使浮起液压电磁阀通电，刀塔浮起，旋转齿轮啮合，准备转位。

2. 刀塔旋转

刀塔浮起到位后，刀塔开始旋转。通常刀塔由液压马达、普通电动机、伺服电动机等驱动旋转。

液压马达驱动的刀塔是PLC通过电磁阀控制的；普通电动机是PLC通过接触器控制的；伺服电动机带动的刀塔是通过专门的控制器与伺服装置控制的。

3. 刀塔刀号检测

刀塔在旋转的过程中进行刀号确认。刀塔刀号的检测分为编码器检测和检测开关检测两种，可以通过PLC控制或者专用控制器控制。

4. 刀塔定位、锁紧

到达指定的刀号位置时，PLC控制液压系统使刀塔定位，之后刀塔落下锁紧。寻找刀号的过程通常通过PLC或者专门刀塔控制器控制。

下面介绍CK300数控车床的刀塔工作原理，CK300数控车床采用FANUC 0TC数控系统，刀塔刀号采用刀塔编码器计数。

图8-4为该机床刀塔的输入信号连接图，其中X6.5的信号为刀塔旋转的过渡信号，是刀塔预定位信号。

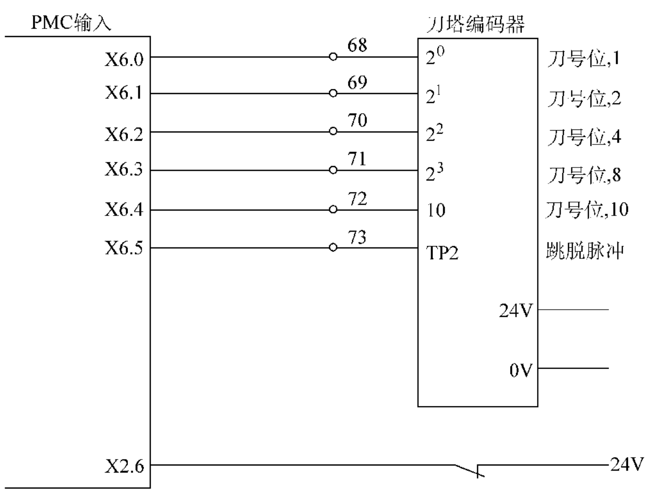


图8-4 CK300车床PMC刀塔输入信号

这台机床的刀塔使用液压马达驱动旋转，刀塔采用液压缸锁紧。图 8-5 是数控系统刀塔控制输出信号连接图。

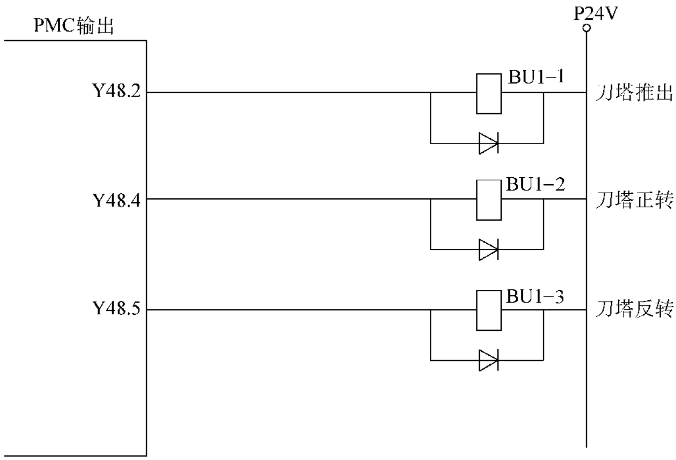


图 8-5　CK300 车床 PMC 刀塔输出信号

8.2.2　故障维修实例

例 1　一台数控车床刀塔不旋转。

数控系统：日本 MITSUBISHI MELDAS L3 系统。

故障现象：这台车床一次出现故障，起动刀塔旋转时，刀塔不转，也没有报警显示。

故障分析与检查：根据刀塔的工作原理，刀塔旋转时，首先靠液压缸将刀塔浮起，然后才能旋转。观察故障现象，当手动按下刀塔旋转的按钮时，刀塔根本没有反应，也就是说，刀塔没有浮起。根据电气原理图，如图 8-6 所示，PLC 的输出 Y4.4 控制继电器 K44 来控制电磁阀，电磁阀控制液压缸使刀塔浮起，首先通过系统 DIAGN 菜单下的 PLC—I/F 功能，观察 Y4.4 的状态，当按下手动刀塔旋转按钮时，其状态变为“1”，没有问题，继续检查发现，是其控制的直流继电器 K44 的触点损坏。

故障处理：更换新的继电器，刀塔恢复了正常工作。

例 2　一台数控车床出现报警6036“Turret limit switch”（刀塔

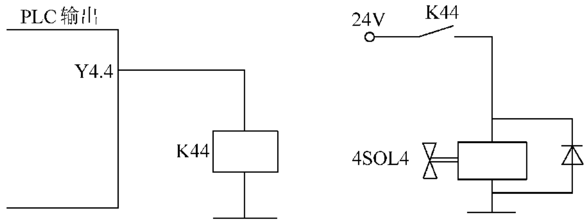


图 8-6　刀塔浮起控制原理图

限位开关)。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：在一次旋转刀塔后出现 6036 报警，指示刀塔限位开关有问题。

故障分析与检查：因为报警指示刀塔开关有问题，因此对刀塔进行检查，发现刀塔确实没有锁紧，所以刀塔锁紧开关没有闭合，出现 6036 报警。根据机床的工作原理，刀塔锁紧是靠液压缸完成的，液压缸的动作是 PLC 控制的，图 8-7 是刀塔锁紧电气控制原理图，PLC 的输出 Q2.2 控制刀塔锁紧电磁阀，利用系统 DIAGNOSIS 功能检查 Q2.2 的状态，发现为“1”没有问题，但检查继电器 K22 常开触点却没有闭合，线圈上也没有电压，继续检查发现 PLC 输出 Q2.2 为低电平，说明 PLC 的输出口 Q2.2 损坏。

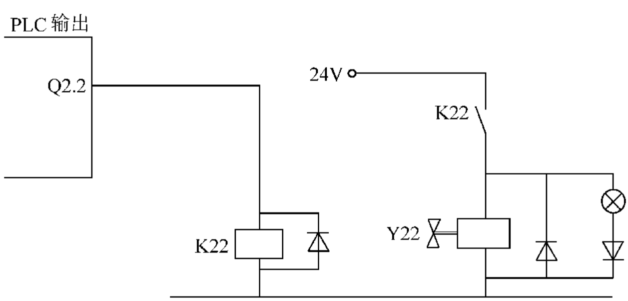


图 8-7　刀塔锁紧电气控制原理图

故障处理：因为系统有备用输出口，用机外编程器把 PLC 用户梯形图中的所有 Q2.2 更改成备用点 Q3.7，并将继电器 K22 的控制

线路连接到 Q3.7 上，如图 8-8 所示，这时开机运行机床，故障消除，机床恢复了正常工作 。

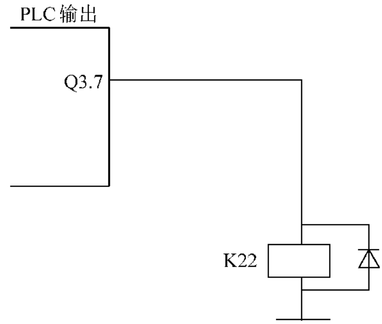


图 8-8　PLC 使用备用输出口 Q3.7 的连接图

例 3　一台数控车床刀塔不转。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，加工换刀时刀塔不转。

故障分析与检查：这台机床刀塔的旋转是由伺服电动机带动的，在起动刀塔旋转时，测量伺服控制器的给定信号，没有问题，伺服放大器也输出驱动信号电压，因此怀疑可能是机械方面有问题。将刀塔保护罩拆开检查，这台机床刀塔伺服电动机通过同步齿带带动刀塔旋转，检查发现同步齿带已经断裂，不能带动刀塔旋转。

故障处理：更换同步齿带，刀塔恢复正常使用。

例 4　一台数控车床出现 6016 报警“SLIDE POWER PACK NO OPERATION”（滑台电源模块不能操作）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：刀塔转动不到位，并出现 6016 号报警。

在最初出现这个故障时，是在机床工作了两三个小时后，在自动换刀时，刀架转动不到位，这时手动旋转刀塔也出现这个报警。到后来，在开机确定 0 号刀时就出现报警，确定不了刀具零点。

故障分析与检查：因为 6016 为 PLC 报警，根据 PLC 报警机理，6016 报警是因为 PLC 的报警标志位 F102.0 被置“1”所致，相应的梯形图如图 8-9 所示。

利用 NC 系统的 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输入 I2.6 的状态，发现其状态为“0”致使 F102.0 的状态变为“1”，从而产生 6016 报警。根据机床电气控制原理图，如图 8-10 所示，PLC 的输入 I2.6 连接伺服控制单元的 72 号端子。

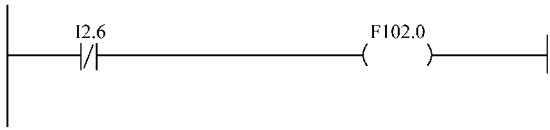


图 8-9　6016 报警梯形图

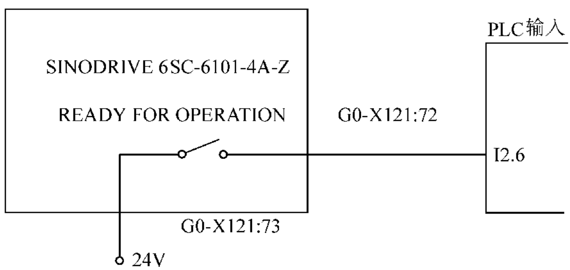


图 8-10　PLC 伺服报警连接图

分析刀塔的工作原理，刀塔的旋转是由伺服电动机带动的。该机床的伺服系统采用的是西门子 SIMODRIVE610 系统，其 72 号端子是伺服系统的准备操作信号。该信号状态为“0”说明伺服控制系统可能有问题，不能工作。检查伺服系统，在出现故障时，N1 板上第三轴的［Imax］t 报警灯亮，指示刀塔伺服电动机过载。

引起伺服系统过载有三种可能：一种可能是因为机械负载阻力过大，但检查机械装置并没有发现问题；第二种可能为伺服功率板损坏，但更换伺服功率板，并没有排除故障；第三种可能为伺服电动机出现问题，对伺服电动机进行测量并没有发现明显问题，但与另一台机床上的伺服电动机交换，故障出现在另一台机床上，说明这个伺服电动机有问题。

故障处理：更换新的伺服电动机，使机床恢复正常工作。

例 5　一台数控车床刀塔旋转时出现报警6016“SLIDE POWER PACK NO OPERATION”（滑台电源模块不能操作）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，一旋转刀塔就出现 6016

报警。

故障分析与检查：根据机床工作原理，6016 报警指示伺服控制器出现故障，这台机床的伺服系统采用西门子 6SC610 系统，检查伺服系统，发现第 3 轴 [Imax]t 报警灯亮。这台机床的刀塔是伺服电动机带动旋转的，第 3 轴控制刀塔伺服电动机，第 3 轴报警说明刀塔旋转控制系统有问题。根据伺服系统手册说明 [Imax]t 报警是伺服系统过载报警，引起伺服系统过载通常有三种可能，一种可能是因为机械负载阻力过大，将刀塔拆开进行检查，没有发现机械问题；第二种可能为伺服控制系统损坏，但更换伺服功率板，伺服控制器没有解决问题；第三种可能为伺服电动机有问题，采用互换法更换伺服电动机也没有解决问题。

最后在检查伺服电动机速度反馈电缆连接时，发现反馈插头上的管形插头出现问题，使伺服控制系统没有得到正确的速度反馈信号，系统工作不正常，造成伺服系统报警。

故障处理：更换反馈电缆插头，机床恢复了正常工作。

例 6　一台数控车床出现报警6027“Turrent limit switch”（刀塔限位开关）。

数控系统：西门子 810T 系统。

故障现象：这台机床在加工过程中，出现 6027 报警，加工程序中断。

故障分析与检查：因为报警指示刀塔有问题，为此对刀塔进行检查，发现刀塔没有落下。根据刀塔工作原理，刀塔旋转时，首先由液压控制使刀塔浮起，然后伺服电动机带动旋转，到位后，刀塔落下，完成找刀过程。因为刀塔没有落下，所以程序不能进行。

根据机床控制原理，如图 8-11 所示，刀塔落下是受电磁阀 Y41 控制的，而电磁阀又是由 PLC 输出 Q4.1 通过直流继电器 K41 控制的。

利用西门子 810T 系统 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输出 Q4.1 的状态为“1”，已经发出落下指令，但电磁阀上并没有电压，那么可能直流继电器 K41 损坏。对这个继电器进行检查，发现确实触点损坏。

故障处理：更换新的继电器后，机床恢复正常工作。

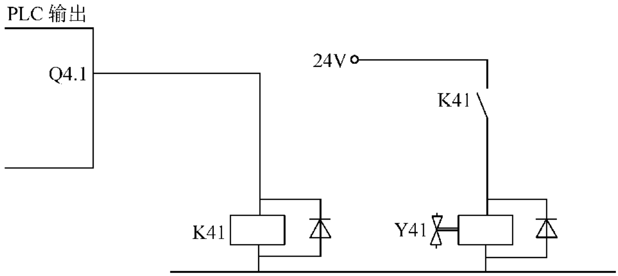


图 8-11　刀塔落下电气控制原理图

例 7　一台数控车床出现报警9177 “Tool collision” （刀具碰撞）。

数控系统：西门子 840C 系统。

故障现象：在刀塔运转时出现 9177 报警，无法进行自动加工。

故障分析与检查：分析这台机床的工作原理，为了防止机床碰撞损坏，安装传感器监视刀塔的运行，如果发生碰撞立即停机，防止进一步的损坏。如图 8-12 所示，U415 为声波传感器，检测碰撞的噪声信号，U45 为反馈信号处理电路，然后将碰撞信号连接到 PLC 输入 I9.0。手动旋转刀塔就出现这个报警，而这时根本就没有碰撞的可能，在刀塔旋转时利用系统 DIAGNOSIS 功能检查 PLC 输入 I9.0 的状态也确实变为“1”，说明检测反馈回路有问题，首先利用互换法与另一台机床的反馈信号处理板对换，这台机床恢复正常，而另一台机床出现这个报警，说明是反馈信号处理板损坏。

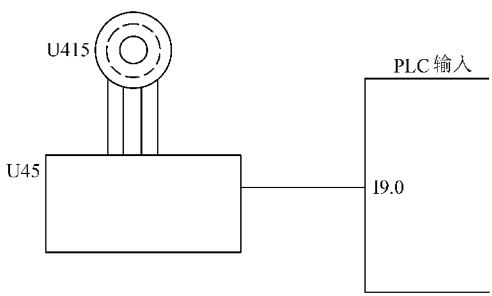


图 8-12　刀塔碰撞信号检测连接图

故障处理：更换上备件后，机床恢复正常工作。

例 8　一台数控车床出现报警2048 “TURRET ENCODER ERROR”（刀塔编码器错误）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：一次机床出现故障，旋转刀塔后，出现报警 2048，指示刀塔编码器有问题。

故障分析与检查：根据机床工作原理，用 DGNOS PARAM 功能检查 X6.5 的状态，发现变化异常，这种现象表明可能编码器位置有问题，需要调整。将刀塔拆开，对编码器进行调整，发现刀号变化和 X6.5 的变化都不正常，说明编码器有问题。

将编码器拆开进行检查，发现内部有很多油，将码盘部分遮盖了，所以编码器工作不正常。

故障处理：因为没有备件，用清洗剂对编码器码盘进行清洗，然后组装，再把编码器安装到机床上，调整好位置，重新开机，机床故障消除。

例 9 一台数控车床出现报警 2007“TURRET INDEXING TIME UP”（刀塔分度超时）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，刀塔旋转起动后，刀塔旋转不停，并出现 2007 报警，指示刀塔分度超时。机床复位后，刀塔旋转停止，但出现报警 2031“TURRET NOT CLAMP”（刀塔没有卡紧），指示刀塔没有卡紧。

故障分析与检查：观察故障现象，发现刀塔根本没有回落的动作，根据刀塔的工作原理和电气原理图，PMC 输出 Y48.2 通过一直流继电器控制刀塔推出电磁阀，如图 8-13 所示。所以首先怀疑数控

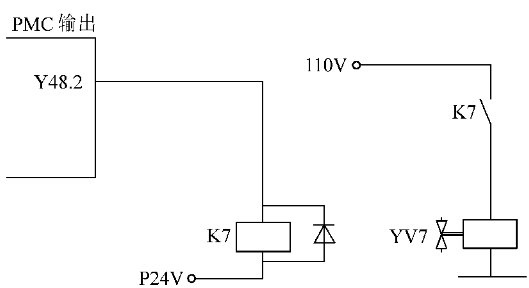


图 8-13 刀塔推出电气控制原理图

系统没有发出刀塔回落命令，但利用 DGNOS PARAM 功能观察 PMC 输出 Y48.2，在刀塔旋转找到第一把刀后，Y48.2 的状态变成“0”，说明刀塔回落的命令已发出，检查刀塔推出的电磁阀的电源也已断开，但刀塔并没有回落，说明电磁阀有问题。

故障处理：更换新的电磁阀，故障消除。

例 10　一台数控车床出现报警2007“TURRET INDEXING TIME UP”（刀塔分度超时）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：一次这台机床出现故障，在旋转刀塔时，出现 2007 报警，指示刀塔分度超时。

故障分析与检查：观察故障现象，在起动刀塔旋转时，刀塔根本没有旋转。根据刀塔旋转的工作原理，起动刀塔旋转时，首先刀塔浮起，然后进行旋转。刀塔推出电磁阀是由 PMC 输出 Y48.2 通过直流继电器控制电磁阀 YV7 完成的，如上例图 8-13 所示，利用系统 DGNOS PARAM 功能观察 PMC 输出 Y48.2 的状态，在起动刀塔旋转时，其状态变为“1”没有问题，但电磁阀上没有电压，可能是继电器 K7 损坏，但更换继电器 K7 后，并没有解决问题，而检查 K7 的触点确实没有吸合，检查继电器板上 K7 线圈上的电压只有 16V 左右，电压过低，而检查继电器板上端子 P24V 的电压时也为 16V 左右。为此查找电压低的故障原因，发现整流电源上的电源输出端子虚接，造成接触不良。

故障处理：将电源端子紧固好后，机床故障消除。

例 11　一台数控车床出现报警2031“TURRET NOT CLAMP”（刀塔没有卡紧）。

数控系统：FANUC 0TC 系统。

故障现象：这台机床一次出现故障，刀塔旋转后出现 2031 报警，指示刀塔没有卡紧，不能进行自动加工。

故障分析与检查：因为报警指示刀塔没有卡紧，为此对刀塔进行检查，发现已经卡紧没有问题。根据机床工作原理，如图 8-14 所示，刀塔卡紧是通过开关 PRS13 检测的，接入 PMC 输入 X2.6。利用系统 DGNOS PARAM（诊断）功能检查 PMC 输入 X2.6 的状态，发现

为“0”，说明 PMC 没有接收到卡紧信号。原因之一可能是检测开关有问题，将刀塔后盖打开，检查发现检测开关确实有问题。

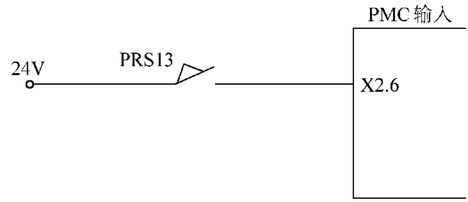


图 8-14　PMC 输入 X2.6 的连接图

故障处理：更换卡紧检测开关，机床恢复正常工作。

附录　FANUC 0TC 系统报警清单

附录 A　系统单元的故障报警

1. 700 号报警

报警信息：“Overheat：Control unit” 过热：控制单元

报警说明：主印制电路板过热。

2. 704 号报警

报警信息：“Overheat：Spindle” 过热：主轴

报警说明：指示主轴电动机过热故障。

3. 910 号报警

报警信息：“Main RAM parity” 主 RAM 奇偶错误

报警说明：随机存储器（RAM）低字节出现奇偶性错误。

4. 911 号报警

报警信息：“Main RAM parity” 主 RAM 奇偶错误

报警说明：随机存储器（RAM）高字节出现奇偶性错误。

5. 912 号报警

报警信息：“Shared RAM parity” 共享 RAM 奇偶错误

报警说明：数字伺服的随机存储器（RAM）低字节出现奇偶性错误。

6. 913 号报警

报警信息：“Shared RAM parity” 共享 RAM 奇偶错误

报警说明：数字伺服的随机存储器（RAM）高字节出现奇偶性错误。

7. 914 号报警

报警信息：“Servo RAM parity” 伺服 RAM 奇偶错误

报警说明：数字伺服的局部随机存储器（RAM）出现奇偶性错误。

8. 920 号报警

报警信息："Watchdog alarm" 监控器报警

报警说明：系统的监控器出现故障报警。

9. 921 号报警

报警信息："SUB CPU watchdog alarm" 子 CPU 监控器报警

报警说明：子 CPU 板或第 5、6 轴伺服控制板报警。更换子 CPU 板或者 5/6 轴控制板。

10. 930 号报警

报警信息："CPU error" CPU 错误

报警说明：中央处理器（CPU）出现非正常的中断报警。

11. 940 号报警

报警信息："PC board connection error" PC 板连接错误

报警说明：在系统中安装了不能使用的印制电路板。

12. 941 号报警

报警信息："Memory PC board connection error" 存储器 PC 板连接错误

报警说明：存储器安装位置错误。

13. 945 号报警

报警信息："Serial spindle communication error" 串行主轴通信错误

报警说明：串行主轴硬件结构有误，或者出现了通信报警。检查主轴的硬件结构。保证串行主轴硬件正确连接。

14. 946 号报警

报警信息："Second serial spindle communiction error" 第二串行主轴通信错误

报警说明：串行主轴控制器部件不能与第 2 主轴放大器模块通信，检查系统配置。

15. 950 号报警

报警信息："Fuse bolwn alarm" 熔断器烧断报警

报警说明：熔断器报警，更换电源模块上的 24V 用的熔丝。检查外部输入器件是否短路。

16．960 号报警

报警信息："SUB CPU error" 子 CPU 错误

报警说明：子中央处理器（SUB-CPU）出现非正常的中断报警。

17．998 号报警

报警信息："ROM parity" ROM 奇偶错误

报警说明：只读存储器（ROM）出现数据的奇偶性错误。

附录 B　编码器报警

1．3n0 号报警

报警信息："nth-axis origin return" 第n 轴原点返回

报警说明：第 n 轴机械参考点无效，应重新人工设定该轴的参考点。

2．3n1 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis communiction" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴通信错误

报警说明：第 n 轴绝对编码器数据通信出错，数据传送失败。

3．3n2 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis over time" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴超时

报警说明：绝对编码器数据传送超时。

4．3n3 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis framing" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴格式错误

报警说明：绝对编码器数据格式出错，数据传送失败。

5．3n4 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis parity" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴奇偶错误

报警说明：绝对编码器数据奇偶性出错，数据传送失败。

6．3n5 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis：nth-axis pulse error" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴脉冲错误

报警说明：绝对编码器脉冲数据丢失，绝对编码器（APC）故障。

7. 3n6 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis battery voltage 0" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴电池电压为 0

报警说明：绝对编码器上的电压低或者无电池，数据不能保持。

8. 3n7 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis battery low 1" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴（编码器）电池电压降低到级别 1

报警说明：绝对编码器电池电压下降，必须更换电池。

9. 3n8 号报警

报警信息："APC alarm：nth-axis battery low2" APC（绝对脉冲编码器）报警：第 n 轴（编码器）电池电压降低到级别 2

报警说明：绝对编码器电池电压下降，必须更换电池（包括电源关闭）。

10. 3n9 号报警

报警信息："SPC alarm：nth axis pulse coder" SPC（串行脉冲编码器）报警：第 n 轴脉冲编码器故障

报警说明：轴脉冲编码器错误。

附录 C　伺服系统报警

1. 400 号报警

报警信息："SERVO ALARM：1,2th axis overload" 伺服报警：第 1、2 轴过载

报警说明：伺服电动机或伺服放大器过载。诊断时参考诊断显示 720 或 721。

2. 401 号报警

报警信息："SERVO ALARM：1,2th axis VRDY off" 伺服报警：第 1、2 轴 VRDY 信号关断

报警说明：伺服放大器模块准备好信号（VRDY）断开（伺服放大器故障）。

3. 402 号报警

报警信息："SERVO ALARM：3,4th axis overload"伺服报警：第 3、4 轴过载

报警说明：第 3、4 伺服轴过载。

4. 403 号报警

报警信息："SERVO ALARM：3,4th axis VRDY off"伺服报警：第 3、4 轴 VRDY 信号关断

报警说明：第 3、4 轴伺服放大器模块准备好信号（VRDY）断开（伺服放大器故障）。

5. 404 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis VRDY on"伺服报警：第 n 轴 VRDY 信号开

报警说明：接通电源时，轴控制板位置控制信号（PRDY）没有接通，但伺服放大器模块准备好信号（VRDY）却已经接通了。

6. 405 号报警

报警信息："SERVO ALARM：zero point return fault"伺服报警：零点返回错误

报警说明：位置控制系统故障（由于 NC 或伺服系统的问题使返回参考点操作失败），应重新执行返回参考点操作。

7. 406 号报警

报警信息："SERVO ALARM：7,8th axis overload 7,8th axis VRDY off"伺服报警：第 7、8 轴过载，第 7、8 轴 VRDY 信号关断

报警说明：第 7 轴或者第 8 轴过载信号接通，或者伺服放大器模块准备好信号（VRDY）断开（伺服放大器故障）。

8. 408 号报警

报警信息："Spindle serial link start fault"主轴串行连接起动错误

报警说明：主轴放大器没有准备好，不能正确启动时，会出现此报警。

9. 409 号报警

报警信息："Spindle alarm detection"主轴报警检测

报警说明：串行主轴故障，详见串行主轴放大器模块上的故障报警号 AL××并查相关说明。

10．4n0 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis excess error"伺服报警：第 n 轴超差错误

报警说明：第 n 轴停止时的位置误差大于设定值。

11．4n1 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis excess error"伺服报警：第 n 轴超差错误

报警说明：第 n 轴移动中的位置误差大于设定值。

12．4n3 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis LSI overflow"伺服报警：第 n 轴误差寄存器溢出

报警说明：第 n 轴的位置误差寄存器的内容超过±3267 或者 D/A转换器的指定速度超过±8192，该故障可能是由某些参数设定错误而引起的。

13．4n4 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis detection related error"伺服报警：第 n 轴检测错误

报警说明：第 n 轴的数字伺服系统故障，详见诊断显示参数720～727。

14．4n5 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis excess shift"伺服报警：第 n 轴位移超差

报警说明：由于指令倍率参数 CMR 的设定错误，使第 n 轴的速度超出 511 875 个检测单位/s。

15．4n6 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis disconnection"伺服报警：第 n 轴断开

报警说明：第 n 轴的位置脉冲编码器断线报警。

16．4n7 号报警

报警信息："SERVO ALARM：nth axis parameter incorrect"伺服报警：第 n 轴参数不正确

报警说明：在下列情况下出现这个报警（数字伺服系统）：

1）机床数据 No. 8n20（电动机形式）的设定值在设定极限之外。

2）机床数据 No. 8n22（电动机旋转方向）没有设定特定的值（111 或－111）。

3）机床数据 No. 8n23（电动机每转速度反馈脉冲数）设定为非法数值（比 0 小）。

4）机床数据 No. 8n24（电动机每转位置反馈脉冲数）设定为非法数值（比 0 小）。

5）机床数据 No. 8n84、No. 8n85 没有设定。

6）轴选择机床数据（从 No. 269 到 No. 274）设定不正确。

7）在参数计算期间出现溢出。

17. 490 号报警

报警信息："SERVO ALARM：5th axis over load" 伺服报警：第 5 轴过载

报警说明：第 5 轴、第 6 轴过载信号开。参考诊断显示 724 或 725 的详述。

18. 491 号报警

报警信息："SERVO ALARM：5,6th VRDY off" 伺服报警第 5 轴、第 6 轴 VRDY 信号断开

报警说明：第 5 轴、第 6 轴伺服放大器准备信号(DRDY)关闭。

19. 494 号报警

报警信息："SERVO ALARM：5,6th VRDY on" 伺服报警第 5 轴、第 6 轴 VRDY 信号接通

报警说明：第 5 轴、第 6 轴轴卡准备信号（MCON）关闭，但伺服放大器没有准备信号（DRDY）；或者在电源加上后，有 DRDY 信号，但没有 MCON 信号。保证轴卡和伺服放大器正常连接。

20. 495 号报警

报警信息："SERVO ALARM：5,6th axis zero return" 伺服报警第 5 轴、第 6 轴零点返回

报警说明：这是位置控制电路故障。可能因为 NC 或者伺服系统的问题导致返回参考点错误。重新返回参考点。

附录 D　超程故障报警

1. 510 号报警

报警信息："Over travel：+X axis" 超程：+X 轴

报警说明：X 轴正方向超过设定的软件限位。

2. 511 号报警

报警信息："Over travel：－X axis" 超程：－X 轴

报警说明：X 轴负方向超过设定的软件限位。

3. 512 号报警

报警信息："Over travel：+X axis" 超程：+X 轴

报警说明：X 轴正方向超过设定的第二软件限位。

4. 513 号报警

报警信息："Over travel：－X axis" 超程：－X 轴

报警说明：X 轴负方向超过设定的第二软件限位。

5. 514 号报警

报警信息："Over travel：+X axis" 超程：+X 轴

报警说明：X 轴正方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

6. 515 号报警

报警信息："Over travel：－X axis" 超程：－X 轴

报警说明：X 轴负方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

7. 520 号报警

报警信息："Over travel：+Y（Z）axis" 超程：+Y（Z）轴

报警说明：Y 轴（M 系统）或 Z 轴（T 系列）正方向超过设定的软件限位。

8. 521 号报警

报警信息："Over travel：－Y（Z）axis" 超程：－Y（Z）轴

报警说明：Y 轴（M 系统）或 Z 轴（T 系列）负方向超过设定的软件限位。

9. 522 号报警

报警信息："Over travel：＋Y（Z）axis" 超程：＋Y（Z）轴

报警说明：Y 轴（M 系统）或 Z 轴（T 系列）正方向超过设定的第二软件限位。

10．523 号报警

报警信息："Over travel：－Y（Z）axis" 超程：－Y（Z）轴

报警说明：Y 轴（M 系统）或 Z 轴（T 系列）负方向超过设定的第二软件限位。

11．524 号报警

报警信息："Over travel：＋Y（Z）axis" 超程：＋Y（Z）轴

报警说明：Y 轴正方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

12．525 号报警

报警信息："Over travel：－Y（Z）axis" 超程：－Y（Z）轴

报警说明：Y 轴负方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

13．530 号报警

报警信息："Over travel：＋Z axis" 超程：＋Z 轴

报警说明：Z 轴正方向超过设定的软件限位（仅用于 M 系列）。

14．531 号报警

报警信息："Over travel：－Z axis" 超程：－Z 轴

报警说明：Z 轴负方向超过设定的软件限位（仅用于 M 系列）。

15．532 号报警

报警信息："Over travel：＋Z axis" 超程：＋Z 轴

报警说明：Z 轴正方向超过设定的第二软件限位（仅用于 M 系列）。

16．533 号报警

报警信息："Over travel：－Z axis" 超程：－Z 轴

报警说明：Z 轴负方向超过设定的第二软件限位（仅用于 M 系列）。

17．534 号报警

报警信息："Over travel：＋Z axis" 超程：＋Z 轴

报警说明：Z 轴正方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

18．535 号报警

报警信息："Over travel：－Z axis" 超程：－Z 轴

报警说明：Z 轴负方向超过设定的 0T 硬限位位置（仅用于 M 系列）。

19．540 号报警

报警信息："Over travel：＋4th axis" 超程：第 4 轴正向

报警说明：第 4 轴正方向超过设定的软件限位。

20．541 号报警

报警信息："Over travel：－4th axis" 超程：第 4 轴负向

报警说明：第 4 轴负方向超过设定的软件限位。

21．550 号报警

报警信息："Over travel：＋5th axis" 超程：第 5 轴正向

报警说明：第 5 轴正方向超过设定的软件限位。

22．551 号报警

报警信息："Over travel：－5th axis" 超程：第 5 轴负向

报警说明：第 5 轴负方向超过设定的软件限位。

23．560 号报警

报警信息："Over travel：＋6th axis" 超程：第 6 轴正向

报警说明：第 6 轴正方向超过设定的软件限位。

24．561 号报警

报警信息："Over travel：－6th axis" 超程：第 6 轴负向

报警说明：第 6 轴负方向超过设定的软件限位。

25．570 号报警

报警信息："Over travel：＋7th axis" 超程：第 7 轴正向

报警说明：第 7 轴正方向超过设定的软件限位。

26．571 号报警

报警信息："Over travel：－7th axis" 超程：第 7 轴负向

报警说明：第 7 轴负方向超过设定的软件限位。

27．580 号报警

报警信息："Over travel：＋8th axis"超程：第 8 轴正向

报警说明：第 8 轴正方向超过设定的软件限位。

28．581 号报警

报警信息："Over travel：－8th axis"超程：第 8 轴负向

报警说明：第 8 轴负方向超过设定的软件限位。

附录 E　PMC 故障报警

1．600 号报警

报警信息："PMC ALARM：invalid instruction"PMC报警：非法指令

报警说明：在 PMC 中产生了非法的指令中断。

2．601 号报警

报警信息："PMC ALARM：RAM parity"PMC报警：RAM 奇偶错误

报警说明：PMC 随机存储器（RAM）中出现数据奇偶性错误。

3．602 号报警

报警信息："PMC ALARM：serial transfer"PMC报警：串口传输错误

报警说明：PMC 在数据串行传送中出现错误。

4．603 号报警

报警信息："PMC ALARM：watchdog"PMC 报警：看门狗(监控器)

报警说明：PMC 的监控器出现故障报警。

5．604 号报警

报警信息："PMC ALARM：ROM parity"PMC报警：ROM 奇偶错误

报警说明：PMC 的只读存储器(ROM)中出现数据奇偶性错误。

6．605 号报警

报警信息："PMC ALARM：over step"PMC 报警：超容量

报警说明：PMC 中的梯形图超出规定的容量。

7．606 号报警

报警信息："PMC ALARM：I/O module assignment" PMC 报警：I/O 模块分配错误

报警说明：I/O 模块分配数据错误。

8. 607 号报警

报警信息："PMC ALARM：I/O link" PMC 报警：I/O 连接错误

报警说明：出现 I/O 连接错误。

附录 F　后台编辑报警

1. ???

报警信息："BP/S alarm" BP/S 报警

报警说明：与一般的程序编辑中发生的 P/S 号报警相同，发生 BP/S 报警（070、071、072、073、074、085、086、087）。

2. 140 号报警

报警信息："BP/S alarm" BP/S 报警

报警说明：在后台选择或者删除了一个在前台选择中的程序。

附录 G　宏程序报警

500～599 号报警是用户宏程序中出现的报警。

附录 H　程序错误报警

1. 000 号报警

报警信息："Please turn off power" 请关闭电源

报警说明：设定了必须关断电源才能生效的机床数据。

2. 001 号报警

报警信息："TH Parity alarm" TH 奇偶报警

报警说明：TH 报警（输入了不符合奇偶的字符），应修改纸带。

3. 002 号报警

报警信息："TV Parity alarm" TV 奇偶报警

报警说明：TV 报警（一个程序段内的字符数为奇数）。仅在 TV 检测为 ON 时发生。

4. 003 号报警

报警信息："Too many digits" 数字太多

报警说明：输入了超过允许位数的数据。

5. 004 号报警

报警信息："Address not found" 没有发现地址

报警说明：在程序段的开始无地址，输入了数字或符号"—"。修改程序。

6. 005 号报警

报警信息："No data after address" 地址之后没有数据

报警说明：地址后面没有跟随数据，而出现下一个地址或者EOB码。修改程序。

7. 006 号报警

报警信息："Illegal use of negative sign" 非法使用负号

报警说明：负号"—"输入错误（"—"出现在不可能输入这个符号的地址中，或者输入了两个以上的"—"）。修改程序。

8. 007 号报警

报警信息："Illegal use of decimal point" 非法使用十进制小数点

报警说明：小数点"."输入错误（小数点"."出现在不可能输入这个符号的地址中，或者输入了两个以上的"."）。修改程序。

9. 008 号报警

报警信息："Program has an error at end" 在程序结尾有一个错误

报警说明：无程序结束指令 M02、M30 或者 M99，取而代之的是读入了 EOR（%）。修改程序。

10. 009 号报警

报警信息："Illegal address input" 非法地址输入

报警说明：在有效区域输入了不能使用的字符。修改程序。

11. 010 号报警

报警信息："Improper G-code" 不适当的 G 代码

报警说明：输入了不能使用的 G 指令。修改程序。

12. 011 号报警

报警信息："No feedrate commanded" 没有进给速率命令

报警说明：没有给出切削的进给速度，或者进给速度不适当。修改程序。

13. 014 号报警

报警信息："Illegal lead command" 非法螺距命令

报警说明：在可变螺距的螺纹切削中，用地址 K 给出的增量螺距或者减量螺距超出最大命令值或者命令最后变为负值。修改程序。

14. 015 号报警

报警信息："Too many axes commanded" 轴命令太多

报警说明：在程序块中控制的轴数超出了同时控制轴数的最大限制。修改程序。

15. 020 号报警

报警信息："Over tolerance of radius" 半径过允差

报警说明：在圆弧插补中，开始点和圆弧中心的距离与结束点与圆弧中心的距离差超出极限。这个极限在机床数据 No. 876 号定义。

16. 021 号报警

报警信息："Illegal plane axis commanded" 非法轴平面命令

报警说明：在圆弧插补中，一个轴没有在指定的平面（用 G17、G18 或 G19 指定）内。修改程序。

17. 023 号报警

报警信息："Illegal radius commanded" 非法半径命令

报警说明：在指定半径的圆弧插补中，地址 R 出现了负数。

18. 028 号报警

报警信息："Illegal plane select" 非法平面选择

报警说明：在平面选择命令中，两个或者更多的轴在同一方向。

19. 029 号报警

报警信息："Illegal offset value" 非法补偿值

报警说明：T 码定义的补偿值太大。修改程序。

20. 030 号报警

报警信息："Illegal offset number" 非法补偿号

报警说明：对于 T 功能指定的刀具补偿号太大。修改程序。

21. 031 号报警

报警信息："Illegal P command in G10" G10 指令中非法 P 命令

报警说明：在用 G10 设定补偿数值中，跟随地址的 P 补偿号已超出，或者没有指定。修改程序。

22. 032 号报警

报警信息："Illegal offset value in G10" G10 指令中非法补偿值

报警说明：在用 G10 设定补偿数值中，或者用系统变量写入一个补偿数值时，补偿数值超出。

23. 033 号报警

报警信息："No solution at CRC" 在 CRC 上不能计算

报警说明：刀尖半径补偿后交点计算不出来。修改程序。

24. 034 号报警

报警信息："No circ allowed in ST-UP/EXT BLK" 在启动/退出时不允许圆弧

报警说明：在 G02 和 G03 方式下，正在起动或者取消刀尖半径补偿。修改程序。

25. 035 号报警

报警信息："Can not commanded G31" 不能使用指令 G31

报警说明：在刀具刀尖报警补偿方式指定了跳跃切削（G31）。

26. 037 号报警

报警信息："Can not change plane in NRC" 在 NRC 方式时不能变换平面

报警说明：在刀尖半径补偿中，切换了补偿平面。

27. 038 号报警

报警信息："Interference in circular" 圆弧干涉

报警说明：因为圆弧起点或者终点与中心重合，导致刀具半径补偿时过切削。

28. 039 号报警

报警信息："CHF/CNR not allowed in NRC" 在 NCR 方式不允许 CHF/CNR

报警说明：在刀具刀尖半径补偿中，起动、删除和 G41/G42 更

换时，使用了倒角或者拐角指令。在倒角或者拐角可能引起过切削。修改程序。

29. 040 号报警

报警信息：“Interference in G90/G94 block”在 G90/G94 程序块中干涉

报警说明：在单一固定循环 G90/G94 的刀尖 R 补偿中可能生产过切现象。

30. 041 号报警

报警信息：“Interfence in NRC”NRC 干涉

报警说明：在刀具刀尖补偿后将过切削。

31. 046 号报警

报警信息：“Illegal reference return command”非法返回参考点命令

报警说明：不是使用 P2、P3、P4 指令返回第 2、3、4 轴参考点。

32. 050 号报警

报警信息：“CHF/CNR not allowed in thread BLK”在螺纹程序块中不允许 CHF/CNR

报警说明：在螺纹切削的程序块中使用了倒角或者拐角指令。修改程序。

33. 051 号报警

报警信息：“Missing move after CHF/CNR”CHF/CNR 运动丢失

报警说明：在倒角或者拐角的下一个程序块指定了不正确的运动或者运动的距离不对。修改程序。

34. 052 号报警

报警信息：“Code is not G01 after CHF/CNR”CHF/CNR 之后不是 G01 码

报警说明：倒角或者拐角的下一个程序块不是垂直线。修改程序。

35. 053 号报警

报警信息："Too many address commands"太多地址命令

报警说明：在倒角和拐角 R 命名中，两个或者更多的 I、K 和 R 被指定，另外在直接输入图样尺寸中，在逗号“,”后面的字符不是 C 或 R。修改程序。

36. 054 号报警

报警信息："No taper allowed after CHF/CNR" CHF/CNR 之后不允许锥度

报警说明：指定了角度或者拐角的倒角程序块中包含了锥度指令。修改程序。

37. 055 号报警

报警信息："Missing move value in CHF/CNR" CHF/CNR 中丢失运动数值

报警说明：在倒角或者拐角的程序块中，运动距离小于倒角或者拐角 R 的数值。修改程序。

38. 056 号报警

报警信息："No end point & angle in CHF/CNR" CHF/CNR 中没有结束点和角度

报警说明：在下一个程序块，只指定角度（A），既没有结束点也没有角度设定。修改程序。

39. 057 号报警

报警信息："No solution of block end"块结束没有计算

报警说明：在图样尺寸直接输入中，不能正确计算出程序段的终点。

40. 058 号报警

报警信息："End point not found"结束点没有发现

报警说明：在图样尺寸直接输入中，找不到程序段的终点。修改程序。

41. 059 号报警

报警信息："Program number not found"程序号没有发现

报警说明：在外部程序号搜索时，指定的程序号找不到。另外一个要搜索的程序被后台编辑。检查程序号或者外部信号，或者停止后

台编辑。

42. 060 号报警

报警信息：“Sequence number not found”顺序号没有发现

报警说明：在顺序号搜索时没有发现顺序号。检查顺序号。

43. 061 号报警

报警信息：“Address P/Q not found in G70-G73”在 G70～G73 指令中没有发现 P/Q 地址

报警说明：在指令 G70、G71、G72、G73 指令中没有指定地址 P 和 Q。

44. 062 号报警

报警信息：“Illegal command in G71-G76”在 G71～G76 指令中有非法指令

报警说明：在下列情况下出现这个报警：

1）G71 或 G72 的背吃刀量是 0 或者负值。

2）G73 指令中重复计数是 0 或者负值。

3）在 G74 或者 G75 指令中，Δi 或者 Δk 指定为 0 或者负数。

4）在 G74 或者 G75 指令中，虽然 Δi 或者 Δk 为 0，但地址 U 或者 W 不是 0。

5）Δd 被指定为负数，虽然 G74 或 G75 决定了方向。

6）螺纹高度或者 G76 的第一次背吃刀量是 0 或者负数。

7）G76 设定的最小背吃刀量比螺纹高度大。

8）在 G76 指令中设定了一个不能使用的刀尖角度。

修改程序。

45. 063 号报警

报警信息：“Sequence number not found”顺序号没有发现

报警说明：在指令 G70、G71、G72、G73 中，地址 P 指定的顺序号没有找到。修改程序。

46. 064 号报警

报警信息：“Shape program not monotonously”形状程序不能太单调

报警说明：不能由单纯加工程序加工出的目标形状在固定循环

G71、G72 中出现。

47. 065 号报警

报警信息："Illegal command in G71-G73" 在 G71～G73 指令中有非法指令

报警说明：下列情况出现这个报警：

1）在 G71、G72 或者 G73 指令中，P 地址指定顺序号的程序块中没有指令 G00 或 G01。

2）在由 G71 或 G72 分别指定顺序号的程序块中使用了地址 Z（W）或 X(U）指令。

修改程序。

48. 066 号报警

报警信息："Impoper G-code in G71-G73" 在 G71～G73 指令中使用了不恰当的 G 指令

报警说明：在 G71、G72 或者 G73 指令中，具有 P 地址的两个程序块之间使用了不允许的 G 代码。

49. 067 号报警

报警信息："Can not error in MDI mode" MDI 方式时程序错误

报警说明：G70、G71、G72 或 G73 指令使用了 P 和 Q 地址。

50. 068 号报警

报警信息："Ten or more pockets" 10 个或者更多凸凹面

报警说明：对于 G71、G72 指令的类型Ⅱ，凸凹平面数等于或者多于 10 个。

51. 069 号报警

报警信息："Format error in G70-G73" G70～G73 指令格式错误

报警说明：在使用含有 P 和 Q 的 G70、G72 或者 G73 指令的程序块中，指定的最终运动指令结束时具有倒角或者拐角 R。修改程序。

52. 070 号报警

报警信息："No program space in memory" 在存储器里没有存储空间

报警说明：存储区域不够。删除不需要的程序，然后再试。

53. 071 号报警

报警信息："Data not found"数据没有发现

报警说明：要搜索的地址没有发现。或者在程序搜索中具有特殊程序号的程序没有找到。检查数据。

54. 072 号报警

报警信息："Too many programs"程序太多

报警说明：存储的程序超过 63（基本）、125（选件）、200（选件）。删除无用的程序，执行程序再登记。

55. 073 号报警

报警信息："Program number already in use"程序号已经在用

报警说明：要执行的程序号已经使用。变换程序号或者删除无用的程序，执行程序登记操作。

56. 074 号报警

报警信息："Illegal program number"非法程序号

报警说明：程序号不是 1～9999。

57. 076 号报警

报警信息："Address P not defined"地址 P 不能定义

报警说明：在 M98、G65、G66 指令中没有使用地址 P。修改程序。

58. 077 号报警

报警信息："Sub program nesting error"子程序嵌套错误

报警说明：子程序调用超出极限。

59. 078 号报警

报警信息："Number not found"序号没有发现

报警说明：在 M98、M99、G65 或 G66 的程序块中，没有找到用 P 指定的程序号或者顺序号。由 GOTO 指令指定的顺序号没有发现；或者调用了一个后台编辑的程序。修改程序或者停止后台编辑。

60. 079 号报警

报警信息："Program verify error"程序验正错误

报警说明：在存储器中或整理程序中，从外部装置读入的程序与存储器里的程序不一致。检查存储器内的程序和外部装置里的程序。

61．080 号报警

报警信息："G37 arrival signal not asserted" G37 到达信号没有接通

报警说明：在刀具自动补偿功能（G36、G37）中，测量位置达到信号（XAE 或者 ZAE）在参数（数值 ε）指定的区域没有接通。这是由于设定或者操作错误。

62．081 号报警

报警信息："Offset number not allowed in G37" G37 指令中补偿号不允许

报警说明：自动刀具补偿（G36、G37）时没有 T 代码。修改程序。

63．082 号报警

报警信息："T-code not allowed in G37" G37 指令中 T 码不允许

报警说明：T 代码和刀具自动补偿（G36、G37）在一个程序块中。修改程序。

64．083 号报警

报警信息："Illegal axis command in G37" G37 指令中非法轴命令

报警说明：自动刀具补偿（G36、G37）时使用了不正确的轴或者使用了增量指令。修改程序。

65．085 号报警

报警信息："Communication error" 通信错误

报警说明：在用阅读机/穿孔机接口输入数据到存储器时，出现超速、奇偶、格式错误。输入数据的位数或者波特率设定或者 I/O 单元地址不正确。检查设定数据，输入装置。

66．086 号报警

报警信息："DR signal off" DR 信号关闭

报警说明：在用阅读机/穿孔机接口输入数据到存储器时，阅读机/穿孔机的准备信号（DR）关断。I/O 单元的电源关断、电缆没有连接、PCB 板有缺陷。

67．087 号报警

报警信息："Buffer overflow"缓冲区溢出

报警说明：在用阅读机/穿孔机接口输入数据到存储器时，虽然给出了读入停止命令，但读入 10 个字符后没有输入中断。I/O 单元或者 PCB 有问题。

68. 090 号报警

报警信息："Reference return incomplete"参考点返回没有完成

报警说明：因为参考点返回的开始点与参考点太近或者速度太慢，使参考点返回不能完成。使起始点离开参考点远一些，或者给定快一些的速度返回参考点。检查程序。

69. 091 号报警

报警信息："Axes not on the reference point"伺服轴没有在参考点上

报警说明：因为系统在暂停状态，手动返回参考点不能进行。按复位按键，然后再返回参考点。

70. 092 号报警

报警信息："Axis not on the reference point"轴没在参考点上

报警说明：自动参考点返回（G28）或者 G27 指令（参考点返回检查）没有返回参考点。

71. 094 号报警

报警信息："P type not allowed（coord CHG）"P 型不允许

报警说明：当程序重新启动时，P 型不能指定（自动操作中断之后，完成了坐标系统设定操作）。根据操作手册完成正确操作。

72. 095 号报警

报警信息："P type not allowed（EXT OFS CHG）"P 型不允许

报警说明：当程序重新启动时，P 型不能指定（自动操作中断之后，外部工件补偿量已改变）。根据操作手册完成正确操作。

73. 096 号报警

报警信息："P type not allowed（WRK OFS CHG）"P 型不允许

报警说明：当程序重新启动时，P 型不能指定（自动操作中断之后，工件补偿量已改变）。根据操作手册完成正确操作。

74. 097 号报警

报警信息：“P type not allowed（AUTO EXEC)”P 型不允许

报警说明：当程序重新启动时，P 型不能指定（电源接通之后、紧急停止之后、或者 P/S94 到 97 复位，没有完成自动操作）。执行自动操作。

75．098 号报警

报警信息：“G28 found in sequence return”在顺序返回中发现 G28

报警说明：电源接通、急停之后没有返回参考点就启动程序，或者 G28 在搜索期间没有找到 G28。执行参考点返回操作。

76．099 号报警

报警信息：“MDI exec not allowed aft. search”搜索之后不允许执行 MDI

报警说明：在程序启动完成搜索之后，在 MDI 方式给出了运动指令。

77．100 号报警

报警信息：“parameter write enable”参数写入使能

报警说明：在机床数据设定画面，PWE（Parameter Writing Enabled）被设定为 1。设定为 0，然后复位系统。

78．101 号报警

报警信息：“Please clear memory”请清除存储器

报警说明：当存储器用程序报警操作写入时，电源关闭。当出现这个报警时，设定 PWE 为 1，清除程序，在重开电源时，同时按“DELETE”按键。

79．109 号报警

报警信息：“P/S alarm”P/S 报警

报警说明：在 G08 代码中的 P 后指定的数值不是 0 或 1，或者没有数值。

80．110 号报警

报警信息：“data overflow”数据溢出

报警说明：固定小数点的绝对数值的显示数据超出允许范围。修改程序。

81. 111 号报警

报警信息："Calculated data overflow" 计算数据溢出

报警说明：计算结果不正确时，出现这个报警。范围 "$-10^{40}\sim-10^{-29}$"，"0"，"$10^{-29}\sim10^{47}$"。修改程序。

82. 112 号报警

报警信息："Dived by zero" 用 0 除

报警说明：在程序块中编制了用 0 包括 tan90°做除数的表达式。

83. 113 号报警

报警信息："Improper command" 不恰当的命令

报警说明：使用了不能用在用户宏中的功能。修改程序。

84. 114 号报警

报警信息："Format error in Macro" 宏格式错误

报警说明：用户宏 A 在 G65 程序块中包含一个没有定义的 H 代码。用户宏 B 在〈表达式〉之外包含一个格式错误。修改程序。

85. 115 号报警

报警信息："Illegal variable number" 非法变量号

报警说明：在使用功能宏或者高速循环加工中，指定了一个没有定义的变量号。头部的内容不正确。在下列情况下出现这个报警：

1）调用的加工程序没有发现对应的头。

2）连接循环的数据在允许范围（0～999）之外。

3）头部的数据号在可允许范围之外（0～32767）。

4）可执行的格式号数据的开始数据变量在可允许范围（20000 号～85535 号）之外。

5）可执行的格式号数据的最后存储数据变量在允许范围之外（85535 号）。

6）可执行的格式号数据的存储开始数据变量与在头部使用的变量号重复。

修改程序。

86. 116 号报警

报警信息："Write protected variable" 写保护变量

报警说明：替换指令的左边是一个替代禁用的变量。修改程序。

87. 118 号报警

报警信息："Parenthesis nesting error"括号嵌套错误

报警说明：括号嵌套超出上限（5 个以上）。修改程序。

88. 119 号报警

报警信息："Illegal argument"非法自变量

报警说明：SQRT 自变量是负数，或者 BCD 码自变量是负数，BIN 自变量每行都不是 0～9 的数。修改程序。

89. 122 号报警

报警信息："Duplicate marco modal-call"多重宏指令模式调用

报警说明：宏指令模式调用两次。修改程序。

90. 123 号报警

报警信息："Can not use marco command in DNC"在 DNC 中不能使用的宏指令

报警说明：在 DNC 操作期间使用了宏控制命令。修改程序。

91. 124 号报警

报警信息："Missing end statement"语句没有结束符

报警说明：DO-END 没有 1∶1 对应。修改程序。

92. 125 号报警

报警信息："Format error in macro"宏格式错误

报警说明：用户宏 A 包含不能在 G65 程序块中使用的地址。用户宏 B 在表达式中有一个格式错误。修改程序。

93. 126 号报警

报警信息："Illegal loop number"非法循环号

报警说明：在 DOn 中，1≤n≤3 不成立。修改程序。

94. 127 号报警

报警信息："NC，macro statement in same block"NC 和宏指令在同一程序块中

报警说明：NC 和用户宏指令共同存在。修改程序。

95. 128 号报警

报警信息："Illegal macro sequence number"非法宏顺序号

报警说明：在分支指令中的顺序号不在 0～9999 之间，或者不能

搜索。修改程序。

96．129 号报警

报警信息："Illegal argument address"非法自变量地址

报警说明：使用在自变量定义中不允许的地址。修改程序。

97．130 号报警

报警信息："Illegal axis operation"非法轴操作

报警说明：由 PMC 给出的轴控制指令给了 CNC 控制的轴；或者 CNC 给出的轴控制指令给了 PMC 控制的轴。修改程序。

98．131 号报警

报警信息："Too many external alarm"外部报警太多

报警说明：产生了 5 个或者 5 个以上的外部报警。通过 PMC 梯形图检查故障原因。

99．132 号报警

报警信息："Alarm number not found"报警号没有发现

报警说明：在外部报警清除时，没有相应的报警号。检查 PMC 梯形图。

100．133 号报警

报警信息："Illegal data in ext. alarm MSG"在外部报警信息中有非法数据

报警说明：在外部报警信息或者外部操作信息中，少部分数据有问题。检查 PMC 梯形图。

101．135 号报警

报警信息："Spindle orientation please"请主轴定向

报警说明：没有任何主轴定向，试图进行主轴分度。完成主轴定向。

102．136 号报警

报警信息："C/H-code & move CMD in same BLK."C/H 码和运动命令在同一程序块中

报警说明：在主轴分度地址 C、H 同一个程序块中，还有其他轴的运动指令。修改程序。

103．137 号报警

报警信息："M-code & move CMD in same BLK."M 码和运动指令在同一程序块中

报警说明：在相关主轴分度的相同程序块中，还有其他轴运动指令。修改程序。

104. 139 号报警

报警信息："Can not change PMC control axis"不能改变 PMC 控制轴

报警说明：指令选择了一个 PMC 控制的轴。修改程序。

105. 145 号报警

报警信息："Illegal condition in polar coordinate interpolation"在极坐标插补时，有非法条件

报警说明：当起动或者取消极坐标插补时，条件没有满足：

1）在不是 G40 方式时，使用了 G12.1/G13.1 指令。

2）在平面选择时发现一个错误。

修改程序数值或参数。

106. 146 号报警

报警信息："Improper G code"不恰当的 G 代码

报警说明：使用在极坐标插补时不能使用的 G 代码。修改程序。

107. 147 号报警

报警信息："Move command too large"运动命令太大

报警说明：刀具经过坐标原点引起旋转轴的运动量太大。修改程序或者设定机床数据位 No. 339 的位 2。

108. 150 号报警

报警信息："Illegal tool group number"非法刀具组号

报警说明：刀具寿命管理的刀具组号超出最大允许数值。修改程序。选择、修改刀具寿命数据。

109. 151 号报警

报警信息："Tool group number not found"刀具组号没有发现

报警说明：在加工程序中使用的刀具寿命管理刀具组号没有设定。修改程序数值或者参数。

110. 152 号报警

报警信息："No space for tool entry"没有空间输入刀具

报警说明：在一组刀具寿命管理中的刀具组号超出最大登记值。修改刀具号。

111. 153 号报警

报警信息："T-code not found" T 码没有发现

报警说明：在刀具寿命数据登记时，在应该有 T 代码的地方没有使用 T 代码。

112. 155 号报警

报警信息："Illegal T-code in M06" M06 指令中有非法 T 码

报警说明：在加工程序中，M06 和 T 代码在同一程序块，但没有对应使用的刀具组。修改程序。

113. 156 号报警

报警信息："P/L command not found" P/L 命令没有发现

报警说明：在刀具寿命管理的刀具组的设定中，在程序开头 P 和 L 指令丢失。修改程序。

114. 157 号报警

报警信息："Too many tool groups"太多刀具组

报警说明：刀具寿命管理的刀具组号设定得超过最大允许值。修改程序。

115. 158 号报警

报警信息："Illegal tool life data"非法刀具寿命数据

报警说明：刀具寿命设定得太大。修改设定值。

116. 159 号报警

报警信息："Tool data setting incomplete"刀具数据设定不完全

报警说明：在执行程序设定刀具寿命管理数据期间，电源关闭。再设定。

117. 160 号报警

报警信息："Mismatch waiting M-code" M 等待码不匹配

报警说明：在等待 M 代码时，Head1 和 Head2 使用了不同的 M 代码。只对 TT 系统有效。

118. 161 号报警

报警信息："Command G68/G69 independently" G68/G69 指令独立

报警说明：在平衡切削时，G68 和 G69 指令不独立。

119. 169 号报警

报警信息："Illegal tool geometry data" 非法刀具几何数据

报警说明：在干涉检查中，不正确的刀具数据。

120. 175 号报警

报警信息："Illegal G107 command" 非法 G107 命令

报警说明：完成圆弧插补起动或取消时的条件不正确。修改程序。

121. 176 号报警

报警信息："Improper G-code in G107" 在 G107 指令中有不恰当的 G 代码

报警说明：在圆柱插补方式下不能使用下列 G 代码，但现在使用了。

1）在 D 代码：G28、G76、G81 到 G89，包括快速运动循环特定的代码。

2）设定坐标系统的 G 代码：G50、G52。

3）选择坐标系统的 G 代码：G53、G54 到 G59。

修改程序。

122. 177 号报警

报警信息："Check sum error（G05 mode）""检查和"错误

报警说明："检查和"错误。修改程序。

123. 178 号报警

报警信息："G05 command in G41/G42" 在指令 G41/G42 中使用了 G05 指令

报警说明：在 G41/G42 方式使用 G05 指令。修改程序。

124. 179 号报警

报警信息："Param. setting error" 参数设定错误

报警说明：机床数据 597 设定的控制轴数超出最大轴数。修改机床数据设定值。

125．180 号报警

报警信息："Communication error（Remote buf）"通信错误（远程缓冲器）

报警说明：产生远程缓冲器报警。确认电缆号、参数和 I/O 装置。

126．194 号报警

报警信息："Spindle command in synchro-mode"在同步方式使用了主轴命令

报警说明：在串行主轴同步控制方式期间，指定了轮廓控制模式、主轴定位（C 轴控制）模式或者刚性攻螺纹模式。修改程序，先释放串行主轴同步控制方式。

127．195 号报警

报警信息："Mode change error"方式变换错误

报警说明：串行主轴的控制方式不能改变。检查 PMC 的梯形图。

128．197 号报警

报警信息："C-axis command in spindle"对主轴使用了 C 轴命令

报警说明：CON 信号关闭时，修改程序，或者通过检查 PMC 梯形图找到信号没有接通的原因。

129．199 号报警

报警信息："Macro word undefined"宏字没有定义

报警说明：使用了没有定义的宏指令。修改用户宏。

130．200 号报警

报警信息："Illegal S code command"非法 S 码命令

报警说明：在刚性攻螺纹时，指定的 S 数值超出范围。攻螺纹的 S 数值的范围在机床数据 No. 5243 中设定。改变机床数据的设定值，修改程序。

131．201 号报警

报警信息："Feedrate not found in rigid tap"刚性攻螺纹中，没有编入进给速率

报警说明：在刚性攻螺纹的程序块中，没有指定进给速率 F 值。

132．202 号报警

报警信息："Position LSI overflow"定位 LSI 溢出

报警说明：在刚性攻螺纹中，主轴分配值太大。

133．203 号报警

报警信息："Program miss at rigid tapping"刚性攻螺纹时，程序丢失

报警说明：在刚性攻螺纹时，刚性 M 代码（M29）的位置或者 S 指令有问题。修改程序。

134．204 号报警

报警信息："Illegal axis operation"非法伺服轴操作

报警说明：在刚性攻螺纹时，在 M 代码（M29）程序块和 G84（G74）程序块之间指定了一个轴运动指令。修改程序。

135．205 号报警

报警信息："Rigid mode DI signal off"刚性攻螺纹方式 DI 信号关闭

报警说明：虽然使用了 M 代码（M29），在执行 G84（G74）时，刚性方式 DI 信号没有打开。查看 PMC 梯形图，查找 DI 信号没有接通的原因。

136．210 号报警

报警信息："Can not command M198/M199"不能使用指令 M198/M199

报警说明：过程操作中执行了 M198 或 M199 指令，在 DNC 方式执行了 M198 指令。修改程序。

137．211 号报警

报警信息："G31（High）not allowed in G99"在 G99 指令中不允许使用 G31

报警说明：使用在高速跳跃选件时使用了每转指令 G31。修改程序。

138．212 号报警

报警信息："Illegal plane select"非法平面选择

报警说明：在不是含有 Z-X 轴的平面上使用了图样尺寸直接输

入指令（0-T 系统）。修改程序。

139. 213 号报警

报警信息："Illegal command in synchro-mode" 同步方式非法指令

报警说明：同步控制的轴使用了运动指令。

140. 214 号报警

报警信息："Illegal command in synchro-mode" 同步方式非法指令

报警说明：在同步控制中，设定了坐标系统或者执行了位移类型的刀具补偿。修改程序。

141. 217 号报警

报警信息："Dulicate G251（commands)" 多重 G251 指令

报警说明：在 G251 方式又使用了 G251 指令。修改程序。

142. 218 号报警

报警信息："Not found P/Q command in G251" G251 指令中没有发现 P 或 Q

报警说明：在 G251 的指令程序块中，使用了 P 或 Q 指令，或者命令值超出范围。修改程序。

143. 219 号报警

报警信息："Command G250/G251 independently" G250/G251 指令独立

报警说明：G251 和 G250 没在独立的程序块中。

144. 220 号报警

报警信息："Illegal command in synchr-mode" 同步方式非法指令

报警说明：在同步操作时，对于同步轴 NC 程序或者 PMC 轴控制接口给出了运动指令。

145. 221 号报警

报警信息："Illegal Command in synchr-mode" 同步方式非法指令

报警说明：同时执行了多面体操作和轴控制或平衡切削。修改程序。

146. 224 号报警

报警信息：“Return to reference point”返回参考点

报警说明：在循环操作之前没有返回参考点。

147．225 号报警

报警信息：“Synchronous/mixed control”同步/混合错误

报警说明：这个报警在下列情况下发生：

1）在轴号参数设定有错误时。

2）在控制指令中有一个错误。

修改程序。只对 TT 系统有效。

148．226 号报警

报警信息：“Illegal command in synchro-mode”同步方式非法指令

报警说明：在同步方式下，运动命令传送到被同步的轴。修改程序或参数。只对 TT 系统有效。

149．229 号报警

报警信息：“Can not keep synchro-state”不能保持同步状态

报警说明：这个报警在下列情况下发生：

1）由于过载同步/混合状态没有被保持时。

2）上述问题在 CMC 装置（硬件）上发生，同步不能保持。

这个报警在正常使用条件下不会发生，这个报警只对 TT 系统有效。

150．233 号报警

报警信息：“P/S alarm”P/S 报警

报警说明：由力矩极限信号激活的跳跃功能中，在信号输入之前累积误差脉冲数超出 32767。因此脉冲数在一次分配中不能纠正。改变条件，诸如伺服轴进给速率，或者力矩极限，然后再试。

151．245 号报警

报警信息：“T-code not allow in this block”这个程序块不允许 T 代码

报警说明：G50、G10 和 G04（不能与 T 码在一个程序块中的 G 代码）之一与 T 代码在一起。修改程序。

参 考 文 献

[1] 毕承恩，丁乃建. 现代数控机床 [M]. 北京：机械工业出版社，1991.

[2] 刘希金. 机床数控系统故障检测及维修 [M]. 北京：兵器工业出版社，1995.

[3] 孙汉卿. 数控机床维修技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2000.

[4] 王侃夫. 数控机床故障诊断及维护 [M]. 北京：机械工业出版社，2000.

[5] 张魁林. 数控机床故障诊断 [M]. 北京：机械工业出版社，2002.

[6] 王侃夫. 数控机床控制技术与系统 [M]. 北京：机械工业出版社，2001.

[7] 任建平. 现代数控机床故障诊断及维修 [M]. 北京：国防工业出版社，2002.

[8] 沈兵. 数控机床数控系统维修技术与实例 [M]. 北京：机械工业出版社，2001.

[9] 武友德. 数控设备故障诊断与维修技术 [M]. 北京：化学工业出版社，2003.

[10] 余仲裕. 数控机床维修 [M]. 北京：机械工业出版社，2001.

[11] 何友华. 可编程控制器及常用控制电器 [M]. 北京：冶金工业出版社，2003.

[12] 牛志斌. 图解数控机床——西门子典型系统维修技巧 [M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[13] 牛志斌. FANUC 0T 系统维修实践 [M]. 制造技术与机床，2004 (2).

[14] 金涛，王卫兵. 数控车加工 [M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[15] 牛志斌. 数控机床故障检修速查手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2007.

[16] 牛志斌. 数控机床现场故障维修 555 例详解 [M]. 北京：机械工业出版社，2009.

ISBN 978-7-111-34773-6

机械工业出版社数控维修类书目(部分)

书号	书名	作者	定价
26234	数控系统故障诊断与维修手册	沈 兵	118.00
20361	数控机床故障检修速查手册	牛志斌	35.00
26655	图解NC数控系统——FANUC 0i系统维修技巧 第2版	叶 晖	32.00
14553	图解数控机床——西门子典型系统维修技巧 第2版	牛志斌	32.00
16494	图解NC数控系统——三菱M64系统维修技巧	叶 晖	25.00
26215	数控机床常见故障快速处理86问	严 峻	46.00
26176	数控机床现场维修555例详解	牛志斌	38.00
25852	数控机床故障维修技术与实例	杜增辉	30.00
24769	数控系统调整与维修实训	王兹宜	35.00
22533	华中数控系统操作、编程及故障诊断与维修	向 华	28.00
29603	西门子系统现场故障检修速查手册	牛志斌 潘 波	43.00
30573	FANUC系统现场故障检修速查手册	牛志斌	46.00
33055	数控磨床故障诊断与维修技巧 第2版	牛志斌	28.00
34773	数控车床故障诊断与维修技巧 第2版	牛志斌 潘 波	30.00

上架指导：工业技术\机械工程\数控维修

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203
邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-34773-6
9 787111 347736 >
定价：30.00元